NOVA ACTA

ACADEMIAE CAESAREAE LEOPOLDINO-CAROLINAE GERMANICAE NATURAE CURIOSORUM.

TOMUS C.

CUM TABULA I.

Abhandlungen

der

Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen Akademie der Naturforscher.

100. Band.

Mit 1 Tafel.

Library of Congress
544068
FEB 1924
Smithsonian Deposit

Halle, 1915.
Druck von Ehrhardt Karras G. m. b. H. in Halle (Saale).

Für die Akademie in Kommission bei W. Engelmann in Leipzig.

Q49
.H162

506.43
L58
bd. 100
1915
W.St.K.S.

Seiner Majestät

Wilhelm II

Deutschem Kaiser und Könige von Preufsen

ihrem hohen Schirmherrn

dem erhabenen Gönner und Beförderer aller wissenschaftlichen Arbeit
des deutschen Volkes

widmet die

Kaiserliche Leopoldinisch-Carolinische Deutsche Akademie
der Naturforscher

diesen einhundertsten Band ihrer Abhandlungen

durch den Präsidenten

Dr. **Albert Wangerin**

Inhalt des C. Bandes.

I. **Albert Wangerin:** Über das Potential gewisser Ovaloide . . . . . S. 1—80.

II. **Wilhelm Roux:** Die Selbstregulation, ein charakteristisches und nicht notwendig vitalistisches Vermögen aller Lebewesen . . . . . S. 1—91.

III. **Franz Toula:** Die Tiefbohrung bis 600 m Tiefe auf dem Gebiete der Fabrik chemischer Produkte und zwar der Holzverkohlungs-Industrie Aktien-Gesellschaft in Liesing bei Wien . . . . . S. 1—57. Tab. I.

IV. **K. Brandt:** Über den Nitratgehalt des Ozeanwassers und seine biologische Bedeutung . . . . . S. 1—56.

V. **Eilhard Wiedemann:** Über die Uhren im Bereich der islamischen Kultur . . . . . S. 1—272.

Vorstand der Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen Akademie der Naturforscher.

Gegründet am 1. Januar 1652. Deutsche Reichsakademie seit dem 7. August 1687.

Präsidium.

A. Wangerin in Halle a. S., Präsident.

W. Roux in Halle a. S., Stellvertreter.

Adjunkten.

I. Kreis: **R. von Wettstein** in Wien;
J. von Hann in Wien;
F. Toula in Wien.

II. Kreis: **E. Wiedemann** in Erlangen;
R. von Hertwig in München.

III. Kreis: **P. von Grützner** in Tübingen.

IV. Kreis: **F. Himstedt** in Freiburg.

V. Kreis: **G. Schwalbe** in Strafsburg.

VI. Kreis: (Vacat.)

VII. Kreis: **F. Küstner** in Bonn.

VIII. Kreis: **M. Bauer** in Marburg.

IX. Kreis: **E. Ehlers** in Göttingen.

X. Kreis: **K. Brandt** in Kiel.

XI. Kreis: **W. Roux** in Halle.

XII. Kreis: **E. Haeckel** in Jena.

XIII. Kreis: **W. Pfeffer** in Leipzig;
F. Marchand in Leipzig.

XIV. Kreis: **F. Pax** in Breslau.

XV. Kreis: **A. Jentzsch** in Charlottenburg;
W. Waldeyer in Berlin.

Sektionsvorstände und deren Obmänner.

I. Mathematik und Astronomie:

R. Helmert in Potsdam, Obmann;
G. Cantor in Halle;
A. Gutzmer in Halle.

II. Physik und Meteorologie:

F. Richarz in Marburg, Obmann;
J. von Hann in Wien;
L. von Pfaundler in Graz.

III. Chemie:

O. Wallach in Göttingen, Obmann;
E. Beckmann in Dahlem bei Berlin;
C. Engler in Karlsruhe.

IV. Mineralogie und Geologie:

F. Becke in Wien, Obmann;
W. Branca in Berlin;
G. Linck in Jena.

V. Botanik:

A. Engler in Dahlem-Steglitz bei Berlin, Obmann;
S. Schwendener in Berlin;
H. Graf zu Solms-Laubach in Strafsburg.

VI. Zoologie und Anatomie:

F. E. Schulze in Berlin, Obmann;
E. Ehlers in Göttingen;
M. Fürbringer in Heidelberg.

VII. Physiologie:

S. Exner in Wien, Obmann;
V. Hensen in Kiel;
J. von Kries in Freiburg.

VIII. Anthropologie, Ethnologie und Geographie:

G. Gerland in Strafsburg, Obmann;
A. Penck in Berlin;
J. Ranke in München.

IX. Wissenschaftliche Medizin:

W. Waldeyer in Berlin, Obmann;
W. von Leube in Stuttgart;
P. von Baumgarten in Tübingen.

NOVA ACTA.
Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher.
Band C. Nr. 1.

Über das Potential gewisser Ovaloide.

Von

Albert Wangerin.

Eingegangen bei der Akademie am 6. August 1915.

HALLE.
1915.
Druck von Ehrhardt Karras G. m. b. H. in Halle (Saale).

Für die Akademie in Kommission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

Vor einigen Jahren hat Herr Carl Neumann für das logarithmische Potential gewisser Ovale das folgende, sehr bemerkenswerte Resultat abgeleitet. Ist ein Oval, dessen Randkurve aus einer Ellipse durch Transformation mittels reziproker Radien von einem inneren Punkte aus entsteht, mit Masse von konstanter Dichtigkeit belegt, so kann die Wirkung dieser Masse auf äufsere Punkte ersetzt werden durch die Wirkung zweier (im Innern des Ovals liegender) Massenpunkte und einer dieselben verbindenden materiellen Doppellinie von konstantem Momente.[1])

Es dürfte nicht ohne Interesse sein zu untersuchen, ob analoge Resultate auch für das Newtonsche Potential der von den entsprechenden Ovalflächen begrenzten räumlichen Massen existieren. Ich habe eine solche Untersuchung schon vor längerer Zeit angestellt. Es zeigte sich, dafs für den Raum die erforderlichen Rechnungen schon bei Rotationsellipsoiden erheblich komplizierter werden als für die Ebene; insbesondere lassen die Reihen, die man für das Potential bei Anwendung elliptischer Koordinaten erhält, sich nicht so einfach deuten wie die entsprechenden Reihen des ebenen Problems. Doch war es mir möglich, in einigen Spezialfällen die Neumannschen Resultate auf den Raum auszudehnen, indem ich statt der elliptischen Koordinaten einfach räumliche Polarkoordinaten benutzte, deren Pol das Transformationszentrum ist. Ich bin hierauf dadurch geführt, dafs ich sah, dafs das erste Neumannsche Resultat (das für den Mittelpunkt der Ellipse als Transformationszentrum sich ergebende) sich auch ohne Anwendung elliptischer Koordinaten, also mit einfacheren Hilfsmitteln als

[1]) Berichte über die Verhandlungen der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, **59**, 278—312, 1907; **60**, 53—56, 240—247, 1908. — Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Klasse der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, **31**, 83—162, 1909. Diese letzte Abhandlung, die die Ergebnisse der erstgenannten mit enthält, soll allein im Text zitiert und mit (A) bezeichnet werden.

den von Neumann benutzten ableiten läfst. So ist es mir gelungen, die Frage zunächst in drei Fällen zu erledigen, nämlich für Volumina, deren Grenzen Rotationsflächen sind, die aus einem verlängerten oder abgeplatteten Rotationsellipsoid durch Transformation mittels reziproker Radien vom Mittelpunkte oder auch aus einem verlängerten Rotationsellipsoide für den einen Brennpunkt als Transformationszentrum entstehen. Das zuletzt genannte Problem werde ich im folgenden zuerst behandeln, dann die beiden andern. Weiter werde ich aber noch folgende Fälle in Betracht ziehen: 1. Die Rotationsellipsoide haben eine sehr kleine Exzentrizität, das Transformationszentrum hat eine beliebige Lage auf der Rotationsachse; 2. das Rotationsellipsoid ist ein verlängertes von beliebiger Exzentrizität, das Transformationszentrum liegt dem einen Brennpunkt sehr nahe; 3. das Transformationszentrum liegt dem Mittelpunkt sehr nahe auf der Rotationsachse, wobei das Ellipsoid ein abgeplattetes oder ein verlängertes von beliebiger Exzentrizität sein kann. Neben den in den verschiedenen Fällen abgeleiteten Resultaten dürften auch einige bei der Untersuchung benutzte Hilfsformeln nicht ohne Interesse sein, insbesondere einige neue Formeln aus der Lehre von den Kugelfunktionen. Auch auf die in den Resultaten auftretenden neuen Arten von Doppellegungen einer Fläche, resp. den in einem Falle auftretenden Begriff des Potentials einer dreifachen Flächenbelegung glaube ich hinweisen zu sollen. Als Spezialfall eines von mir behandelten Problems ergibt sich das Potential eines Kreisringes, der durch Rotation eines Kreises um eine seiner Tangenten entsteht. Für dies Potential hat H. Bruns[1]) schon 1871 einen einfachen Ausdruck gefunden. Diesem stelle ich zwei andere Ausdrücke desselben Potentials an die Seite, die den Vorteil haben, nicht mit unendlichen Massen zu operieren.

Bevor ich mich meiner eigentlichen Aufgabe zuwende, werde ich zwei von Herrn C. Neumann für das logarithmische Potential gefundene Resultate auf einem von dem Neumannschen verschiedenen Wege herleiten, und zum Schlufs werde ich zwei der behandelten Probleme mittels elliptischer Koordinaten durchführen. Die Vergleichung der sich so ergebenden

[1]) H. Bruns, De proprietate quadam functionis potentialis corporum homogeneorum. Dissertatio inauguralis. Berlin 1871.

Resultate mit den auf anderem Wege gefundenen ergibt einige bemerkenswerte Relationen für Kugelfunktionen.

Als meine Arbeit schon im wesentlichen abgeschlosen war, wurde mir eine Arbeit von Herglotz[1]) bekannt, die die Reduktion des Potentials gewisser homogener Rotationskörper betrifft, die durch Flächen 4. Ordnung begrenzt werden. Die Resultate des Herrn Herglotz gehen über die meinen insofern hinaus, als die Grenzflächen der dort betrachteten Massen allgemeinere sind als die durch Transformation von Rotationsellipsoiden entstehenden. Dagegen treten bei Herglotz nur solche Flächen auf, die in Bezug auf drei senkrechte Ebenen symmetrisch sind, während ich auch mehrere Aufgaben behandelt habe, bei denen das nicht der Fall ist. Aus diesem Grunde, und weil meine direkt auf das Ziel losgehende Methode der Behandlung eine ganz andere ist, habe ich auch nach dem Erscheinen der Herglotzschen Abhandlung von der Veröffentlichung meiner Arbeit nicht Abstand nehmen zu sollen geglaubt.

I. Neue Ableitung zweier C. Neumannschen Resultate über das logarithmische Potential.

a)

Die Ellipse

$$\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{b^2} = 1$$

geht durch Transformation mittels reziproker Radien, wenn man den Mittelpunkt zum Transformationszentrum wählt, in das Oval

$$(x_1^2 + y_1^2)^2 = b_1^2 x_1^2 + a_1^2 y_1^2 \tag{1}$$

über, dessen Achsen mit denen der Ellipse durch die Gleichungen

[1]) G. Herglotz, Über die analytische Fortsetzung des Potentials ins Innere der anziehenden Massen. Gekrönte Preisschrift. Leipzig 1914. — (Im Buchhandel ist die Arbeit 1915 erschienen.)

1a) $$\frac{R^2}{a} = b_1, \quad \frac{R^2}{b} = a_1$$

zusammenhängen. Dabei ist R der Radius des Transformationskreises, und die Achsen x_1, y_1 fallen mit den Achsen X, Y zusammen. Ferner sei $a > b$, also $a_1 > b_1$. Führt man statt x_1, y_1 Polarkoordinaten ein, so geht die Gleichung 1) in folgende über

1b) $$\overline{r_1}^2 = a_1^2 \sin^2\varphi_1 + b_1^2 \cos^2\varphi_1.$$

Dabei ist mit $\overline{r_1}$ der Radius eines Punktes der Kurve 1) bezeichnet, während r_1 den Radius eines inneren Punktes bezeichnen soll. Der Winkel φ_1 ist von der grofsen Achse der Ellipse, also von der kleinen Achse des Ovals 1) an gerechnet. Es seien ferner r, φ die Polarkoordinaten eines aufserhalb der Kurve 1) gelegenen, r_1, φ_1 die eines inneren Punktes, E ihr Abstand, so ist das logarithmische Potential der von der Kurve 1) begrenzten, mit Masse von der konstanten Dichtigkeit 1 belegten Ovalfläche

2) $$V = \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\overline{r_1}} \log\left(\frac{1}{E}\right) r_1\, dr_1.$$

Ist nun r gröfser als der gröfste Wert von r_1, d. h. $r > a_1$, so kann man $\log\left(\frac{1}{E}\right)$ in die bekannte Reihe entwickeln:

3) $$\log\left(\frac{1}{E}\right) = \log\frac{1}{r} + \sum_1^\infty \frac{1}{n}\frac{r_1^n}{r^n} \cos n(\varphi_1 - \varphi).$$

Setzt man 3) in 2) ein und integriert gliedweise, so erhält man wegen 1b)

4) $$V = \log\left(\frac{1}{r}\right) J_0 + \sum_1^\infty \frac{1}{n}\frac{1}{r^n} J_n,$$

wo

$$J_n = \frac{1}{n+2} \int_0^{2\pi} \sqrt{(a_1^2 \sin^2\varphi_1 + b_1^2 \cos^2\varphi_1)^{n+2}} \cos n(\varphi_1 - \varphi)\, d\varphi_1$$

ist. Von der Integralen J_n verschwinden alle, in denen n eine ungerade Zahl ist, während

5) $$J_{2n} = \frac{1}{2n+2} \int_0^{2\pi} (a_1^2 \sin^2\varphi_1 + b_1^2 \cos^2\varphi_1)^{n+1} \cos 2n\varphi \cos 2n\varphi_1\, d\varphi_1$$

wird. Entwickelt man in 5) die $(n+1)$-te Potenz, so erhält man eine Summe von Integralen der Form

$$\int_0^{2\pi} \cos^{2m}\varphi_1 \cos(2n\varphi_1)\, d\varphi_1,$$

und diese Integrale verschwinden, falls $m < n$. Es wird also

$$6) \qquad \frac{(2n+2)J_{2n}}{\cos 2n\varphi} = (-1)^{n+1}(a_1^2 - b_1^2)^{n+1} \int_0^{2\pi} \cos^{2n+2}\varphi_1 \cos 2n\varphi_1\, d\varphi_1 + (-1)^n (a_1^2 - b_1^2)^n a_1^2 (n+1) \int_0^{2\pi} \cos^{2n}\varphi_1 \cos 2n\varphi_1\, d\varphi_1.$$

Drückt man weiter $\cos^{2n+2}\varphi_1$ und $\cos^{2n}\varphi_1$ durch die Kosinus der Vielfachen von φ_1 aus und beachtet die bekannte Integralformel der trigonometrischen Funktionen, so folgt:

$$7) \qquad J_{2n} = \frac{(-1)^n \pi (a_1^2 - b_1^2)^n}{2^{2n}} \left[a_1^2 - \frac{a_1^2 - b_1^2}{2}\right],$$

und weiter

$$8) \qquad V = \frac{1}{2}\pi(a_1^2 + b_1^2)\left\{\log\frac{1}{r} + \sum_1^\infty \frac{1}{2n} \frac{(-1)^n \left(\frac{1}{2}\sqrt{a_1^2 - b_1^2}\right)^{2n} \cos 2n\varphi}{r^{2n}}\right\}.$$

Da

$$(-1)^n \cos 2n\varphi = \frac{1}{2}\left\{\cos 2n\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) + \cos 2n\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right\}$$

ist, während

$$0 = \cos(2n+1)\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) + \cos(2n+1)\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right)$$

ist, so kann man 8) auch so schreiben:

$$9) \qquad V = \frac{1}{4}\pi(a_1^2 + b_1^2)\left\{\log\frac{1}{r} + \sum_1^\infty \frac{1}{n} \frac{\left(\frac{1}{2}\sqrt{a_1^2 - b_1^2}\right)^n \cos n\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right)}{r^n} + \log\frac{1}{r} + \sum_1^\infty \frac{1}{n} \frac{\left(\frac{1}{2}\sqrt{a_1^2 - b_1^2}\right)^n \cos n\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right)}{r^n}\right\}.$$

Die in 9) auftretenden Summen haben die Form der Summe in 3); auch ist $r > \frac{1}{2}\sqrt{a_1^2 - b_1^2}$, da $r > a_1$ vorausgesetzt war. Bezeichnen wir daher den Abstand des Aufpunktes r, φ von dem Punkte $r_1 = \frac{1}{2}\sqrt{a_1^2 - b_1^2}$, $\varphi_1 = \frac{\pi}{2}$ mit E', seinen Abstand von dem Punte $r_1 = \frac{1}{2}\sqrt{a_1^2 - b_1^2}$, $\varphi_1 = -\frac{\pi}{2}$ mit E'', so wird

10) $$V = \frac{1}{4}\pi\,(a_1^2 + b_1^2)\left\{\log\frac{1}{E'} + \log\frac{1}{E''}\right\}.$$

Zugleich ist die Gesamtmasse unserer Ovalfläche

$$M = \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\bar{r}_1} r_1\, dr_1 = \frac{1}{2}\pi\,(a_1^2 + b_1^2),$$

so dafs

11) $$V = \frac{M}{2}\left(\log\frac{1}{E'} + \log\frac{1}{E''}\right)$$

wird. Das ist genau das Neumannsche Resultat [vgl. (A) S. 139, Gleichung (74)]. Die obigen Punkte $r_1 = \frac{1}{2}\sqrt{a_1^2 - b_1^2}$, $\varphi_1 = \pm\frac{1}{2}\pi$ liegen auf der y-Achse zu beiden Seiten des Mittelpunktes der Ausgangsellipse in dem Abstande $\frac{1}{2}\sqrt{a_1^2 - b_1^2}$ von diesem und sind mit den Brennpunkten π_1, π_2 der Neumannschen Auxiliarellipse identisch.

Bei der Ableitung ist die Voraussetzung gemacht, dafs $r > a_1$. Dafs das unter dieser Voraussetzung abgeleitete Resultat für alle äufseren Punkte gilt, hat schon Herr H. Liebmann[1]) gezeigt, der unter der Annahme $r > a_1$ das Resultat auf einem ganz anderen Wege gewonnen hat.

b)

Nimmt man statt des Mittelpunktes den auf der positiven X-Achse liegenden Brennpunkt F zum Transformationszentrum, so geht die Ellipse

$$\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{b^2} = 1 \qquad (a > b)$$

durch Transformation mittels reziproker Radien in das Oval

I) $$(x_1^2 + y_1^2 - Bx_1)^2 = A^2\,(x_1^2 + y_1^2)$$

[1]) Berichte über die Verhandlungen der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, **59**, 378—386, 1907.

über, und zwar ist

Ia) $$A = \frac{R^2 a}{b^2},\quad B = \frac{R^2\sqrt{a^2-b^2}}{b^2},$$

und der Anfangspunkt des Koordinatensystems x_1, y_1 ist der Brennpunkt F, nicht, wie oben, der Mittelpunkt der Ausgangsellipse. In Polarkoordinaten lautet die Gleichung I)

$$(\bar{r}_1 - B\cos\varphi_1)^2 = A^2$$

oder, da $A > B$ und $\bar{r}_1$ positiv ist:

Ib) $$\bar{r}_1 = A + B\cos\varphi_1.$$

Dabei sollen, wie vorher, $\bar{r}_1, \varphi_1$ die Koordinaten eines Punktes der Kurve I) bezeichnen, während weiterhin r_1, φ_1 einem inneren, r, φ einem äufseren Punkte zugehören.

Das Potential der von der Kurve I) begrenzten Ovalfläche für äufsere Punkte kann man unter der Annahme $r > A + B$ ebenso wie oben entwickeln und erhält für V dieselbe Form wie in Gleichung 4) S. 6, nur dafs, da $\bar{r}_1$ hier durch Ib) gegeben ist,

V) $$J_n = \frac{1}{n+2}\int_0^{2\pi} (A + B\cos\varphi_1)^{n+2}\cos n(\varphi_1 - \varphi)\, d\varphi_1$$

wird. Entwickelt man wieder die $(n+2)$-te Potenz und drückt die Potenzen von $\cos\varphi_1$ durch Kosinus der Vielfachen von φ_1 aus, so kann man die Integration ausführen, und es wird

VII) $$J_n = \pi\left(\frac{B}{2}\right)^n \left[\frac{1}{2}B^2 + (n+1)A^2\right]\cos(n\varphi),$$

daher

VIII) $$V = \pi\left(A^2 + \frac{1}{2}B^2\right)\log\left(\frac{1}{r}\right) + \frac{1}{2}\pi B^2 \sum_1^\infty \frac{1}{n}\frac{\left(\frac{B}{2}\right)^n \cos(n\varphi)}{r^{n+1}}$$
$$+ \pi A^2 \sum_1^\infty \frac{n+1}{n}\frac{\left(\frac{B}{2}\right)^2 \cos(n\varphi)}{r^{n+1}}.$$

Den Faktor von πA^2 im dritten Summanden der rechten Seite kann man schreiben

$$\sum_1^\infty \frac{1}{n} \frac{\left(\frac{B}{2}\right)^n \cos(n\varphi)}{r^{n+1}} + \frac{B}{2} \frac{\partial}{\partial\left(\frac{B}{2}\right)} \left(\sum_1^\infty \frac{1}{n} \frac{\left(\frac{B}{2}\right)^n \cos(n\varphi)}{r^{n+1}} \right).$$

Die hier auftretende Summe hat die Form der Summe in 3), und daher ist

$$\log \frac{1}{r} + \sum_1^n \frac{1}{n} \frac{\left(\frac{B}{2}\right)^n \cos(n\varphi)}{r^{n+1}} = \log\left(\frac{1}{E'}\right),$$

wo E' den Abstand des sollizitierten Punktes von dem Punkte Q_1 der x_1-Achse bezeichnet, der vom Brennpunkte F (für den $x_1 = 0$) den Abstand $\frac{1}{2}B$ hat. Ferner ist die Masse unserer Ovalfläche

$$M = \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{r_1} r_1 \, dr_1 = \pi \left(A^2 - \frac{1}{2}B^2\right),$$

so dafs VIII) die Form annimmt

XI) $$V = M \log\left(\frac{1}{E'}\right) + \pi A^2 \frac{B}{2} \frac{\partial \log\left(\frac{1}{E'}\right)}{\partial\left(\frac{B}{2}\right)}.$$

Das ist wieder genau das Neumannsche Resultat [vgl. (A) S. 142, Formel (85)]. Die von Neumann mit α und α_1 bezeichneten Längen sind in unserer Bezeichnung

$$\alpha = A + B, \quad \alpha_1 = A - B.$$

Ferner liegt der Neumannsche Punkt π_1 auf der positiven x-Achse und hat vom Transformationszentrum den Abstand $\frac{1}{4}(\alpha - \alpha_1)$, ist also mit unserem Punkte Q_1 identisch. Auch der Faktor des zweiten Summanden der rechten Seite von XI) ist mit dem entsprechenden Neumannschen Faktor identisch. Neumann bezeichnet diesen Faktor mit

$$MK = M\frac{\alpha - \alpha_1}{4(1+\delta)}, \text{ wo } \delta = \frac{1}{2}\left(\frac{\alpha - \alpha_1}{\alpha + \alpha_1}\right)^2$$

ist. In unsere Bezeichnung übertragen, wird

$$MK = \frac{M\frac{1}{2}B}{1 - \frac{1}{2}\frac{B^2}{A^2}} = \pi \frac{1}{2} A^2 B.$$

Endlich bezeichnet die Neumannsche Richtung n die Richtung der x-Achse, d. h. die Richtung von $\frac{1}{2}B$, so daſs $\frac{\partial}{\partial n}$ und $\frac{\partial}{\partial\left(\frac{B}{2}\right)}$ identisch sind.

Die Annahme $r > A + B$, die der Entwicklung zugrunde gelegt ist, läſst sich nachträglich leicht beseitigen, und zwar durch den einfachen Schluſs, auf den S. 8 hingewiesen ist.

Zusatz. Bei der Herleitung der Kurve I) aus der Ellipse ist (vgl. Ia) notwendig $A > B$. Das Resultat bleibt aber auch für $A = B$ bestehen, d. h. für die Kardioide. Übrigens entsteht die Kardioide durch Transformation einer Parabel mittels reziproker Radien, falls der Brennpunkt das Transformationszentrum ist.

II. Das Potential des Ovaloids, dessen Oberfläche aus einem verlängerten Rotationsellipsoid durch Transformation mittels reziproker Radien von einem Brennpunkte aus entsteht.

a)

Das Verfahren, das im ersten Abschnitt zur Ableitung des Potentials zweier ebenen Flächen benutzt ist, läſst sich unmittelbar auf das Newtonsche Potential analog begrenzter räumlicher Massen übertragen, führt aber zu nicht ganz so einfachen Resultaten.

Transformiert man das Rotationsellipsoid

$$\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2 + Z^2}{b^2} = 1 \qquad (a > b)$$

mittels reziproker Radien von dem auf der positiven X-Achse liegenden Brennpunkt F aus, so erhält man das Ovaloid

1) $$(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 - B x_1)^2 = A^2 \,(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2),$$

wo, wie S. 9,

1a) $$A = \frac{R^2 a}{b^2}, \quad B = \frac{R^2 \sqrt{a^2 - b^2}}{b^2}$$

ist, während R den Radius der Transformationskugel bezeichnet. Der Anfangspunkt des Koordinatensystems x_1, y_1, z_1 ist F. Führt man statt x_1,

y_1, z_1 räumliche Polarkoordinaten $\bar{r}_1, \vartheta_1, \varphi_1$ ein mit F als Pol und der x_1-Achse als Polarachse, so geht die Flächengleichung 1) über in

1b) $$\bar{r}_1 = A + B \cos \vartheta_1.$$

Durch $\bar{r}_1, \vartheta_1, \varphi_1$ wird somit ein Punkt der Fläche 1) bestimmt, während mit $r_1, \vartheta_1, \varphi_1$ die Polarkoordinaten eines innerhalb, mit r, ϑ, φ die eines aufserhalb liegenden Punktes P bezeichnet werden sollen.

Den von der Fläche 1) umschlossenen Raum denke man nun mit Masse von der konstanten Dichtigkeit 1 erfüllt, so ist das Potential dieser Masse für P als sollizitierten Punkt

2) $$V = \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\pi} \sin \vartheta_1 \, d\vartheta_1 \int_0^{\bar{r}_1} \frac{r_1^2 \, dr_1}{\sqrt{r^2 + r_1^2 - 2 r r_1 \cos \gamma}},$$

wo

2a) $$\cos \gamma = \cos \vartheta \cos \vartheta_1 + \sin \vartheta \sin \vartheta_1 \cos (\varphi_1 - \varphi)$$

ist. Für alle Punkte P, für die $r > A + B$ ist, kann man die reziproke Wurzel in bekannter Weise nach Kugelfunktionen entwickeln:

3) $$\frac{1}{\sqrt{r^2 + r_1^2 - 2 r r_1 \cos \gamma}} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{r_1^n}{r^{n+1}} P_n (\cos \gamma).$$

Integriert man gliedweise, so kann man, da die obere Grenze $\bar{r}_1$ von φ_1 unabhängig ist, die Integration nach φ_1 ausführen mittels der bekannten Formel

4) $$\int_0^{2\pi} P_n (\cos \gamma) \, d\varphi_1 = 2\pi \, P_n (\cos \vartheta) \, P_n (\cos \vartheta_1),$$

dann die Integration nach r_1 und erhält mit Rücksicht auf 1b) für V den Wert:

5) $$V = 2\pi \sum_{n=0}^{\infty} \frac{P_n (\cos \vartheta)}{r^{n+1}} J_n,$$

worin

5a) $$J_n = \frac{1}{n+3} \int_0^{\pi} (A + B \cos \vartheta_1)^{n+3} P_n (\cos \vartheta_1) \sin \vartheta_1 \, d\vartheta_1$$

ist. In 5a) ist die $(n+3)$-te Potenz nach dem binomischen Satze zu entwickeln und sodann zu beachten, dafs

$$\int_0^\pi \cos^m \vartheta_1 \, P_n(\cos\vartheta_1) \sin\vartheta_1 \, d\vartheta_1 = 0$$

ist für $m < n$, ebenso für $m > n$, falls $m - n$ ungerade ist. Dadurch ergibt sich:

$$6) \qquad J_n = A B^n \int_0^\pi P_n(\cos\vartheta_1) \left[B^2 \cos^{n+2}\vartheta_1 + \frac{(n+2)(n+1)}{2 \cdot 3} A^2 \cos^n \vartheta_1 \right] \sin\vartheta_1 \, d\vartheta_1.$$

Von den beiden Integralen, die auf der rechten Seite von 6) auftreten, läfst sich das zweite auf das erste zurückführen. Denn wegen der Differentialgleichung, der $P_n(\cos\vartheta_1)$ genügt, ist

$$n(n+1) \int_0^\pi \cos^{n+2}\vartheta_1 \, P_n(\cos\vartheta_1) \sin\vartheta_1 \, d\vartheta_1 = -\int_0^\pi \cos^{n+2}\vartheta_1 \frac{d\sin\vartheta_1 \dfrac{dP_n(\cos\vartheta_1)}{d\vartheta_1}}{d\vartheta_1} d\vartheta_1$$

$$= (n-3)(n+2) \int_0^\pi \cos^{n+2}\vartheta_1 \, P_n(\cos\vartheta_1) \sin\vartheta_1 \, d\vartheta_1 - (n+1)(n+2) \int_0^\pi \cos^n \vartheta_1 \, P_n(\cos\vartheta_1) \sin\vartheta_1 \, d\vartheta_1$$

(wie durch zweimalige teilweise Integration folgt) oder

$$7) \quad (n+1)(n+2) \int_0^\pi \cos^n \vartheta_1 \, P_n(\cos\vartheta_1) \sin\vartheta_1 \, d\vartheta_1 = 2(2n+3) \int_0^\pi \cos^{n+2}\vartheta_1 \, P_n(\cos\vartheta_1) \sin\vartheta_1 \, d\vartheta_1.$$

Mithin wird

$$6\,a) \qquad J_n = A B^n \left[B^2 + \frac{2n+3}{3} A^2 \right] \int_0^\pi \cos^{n+2}\vartheta_1 \, P_n(\cos\vartheta_1) \sin\vartheta_1 \, d\vartheta_1,$$

und darin kann man das von 0 bis π erstreckte Integral durch das Doppelte des von 0 bis $\frac{1}{2}\pi$ genommenen ersetzen. Setzt man den Ausdruck 6 a) in 5) ein und ersetzt nach 4) das Produkt $2\pi \, P_n(\cos\vartheta) \, P_n(\cos\vartheta_1)$ durch die linke Seite von 4), so wird

$$8) \qquad V = 2 \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \sin\vartheta_1 \, d\vartheta_1 \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{P_n(\cos\gamma) \, A B^n \cos^{n+2}\vartheta_1}{r^{n+1}} \left(B^2 + \frac{2n+3}{3} A^2 \right).$$

Die Summation in 8) kann man ausführen. Denn da

$$0 < B \cos\vartheta_1 < r,$$

so ist

$$9) \qquad \sum_0^\infty \frac{B^n \cos^n \vartheta_1 P_n(\cos\gamma)}{r^{n+1}} = \frac{1}{\sqrt{r^2 + B^2\cos^2\vartheta_1 - 2rB\cos\vartheta_1\cos\gamma}} = \frac{1}{E},$$

$$9\,a) \qquad \sum_0^\infty \frac{n B^n \cos^n \vartheta_1 P_n(\cos\gamma)}{r^{n+1}} = B\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial B}$$

und demnach

$$10) \qquad V = 2A(A^2+B^2)\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \frac{\sin\vartheta_1\cos^2\vartheta_1 d\vartheta_1}{E} + \frac{4}{3}A^3 B\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \sin\vartheta_1\cos^2\vartheta_1 \frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial B} d\vartheta_1.$$

Der erste Summand der rechten Seite von 10) hat folgende Bedeutung. Man konstruiere die Kugel

$$11) \qquad \varrho = B\cos\vartheta_1 \qquad \left(0 \leqq \vartheta_1 \leqq \frac{1}{2}\pi\right),$$

d. h. die Kugel mit dem Radius $\frac{1}{2}B$, die durch den Anfangspunkt (den Brennpunkt F des Ausgangsellipsoides) geht, und deren Mittelpunkt auf der positiven Seite der Rotationsachse liegt. Dann ist E der Abstand eines Punktes der Kugelfläche von dem Aufpunkte P (r, ϑ, φ). Ferner ist das Flächenelement dieser Kugel

$$do = B^2 \sin\vartheta_1 \cos\vartheta_1 d\vartheta_1 d\varphi_1.$$

Der erste Summand der rechten Seite von 10) ist daher das Potential der Kugelfläche 11), wenn diese mit Masse von der Dichtigkeit

$$12) \qquad k = \frac{2A(A^2+B^2)}{B^2}\cos\vartheta_1 = \frac{2A(A^2+B^2)}{B^2}\cos\frac{u_1}{2}$$

belegt ist; $u_1 = 2\vartheta_1$ ist darin der Winkel, den der vom Mittelpunkt der Kugel 11) nach dem Flächenelement do gezogene Radius mit der Rotationsachse bildet. Übrigens ist die gesamte auf der Kugelfläche 11) ausgebreitete Masse gleich der gegebenen anziehenden räumlichen Masse M. Beide haben den Wert

$$12\,a) \qquad M = \frac{4}{3}\pi A(A^2+B^2).$$

Der zweite Summand der rechten Seite von 10) stellt das Potential einer Art Doppelbelegung der Kugel 11) dar, allerdings nicht einer Doppel-

belegung im gewöhnlichen Sinne, sondern einer, die sich folgendermafsen ergibt. Neben der Kugelfläche 11), deren Potential für die Dichtigkeit $k' = m \cos \vartheta_1$ (m konstant)

$$W = m \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \frac{B^2 \sin \vartheta_1 \cos^2 \vartheta_1 \, d\vartheta_1}{E}$$

ist, betrachte man die Kugelfläche

11 a) $$\varrho = B(1-\varepsilon)\cos \vartheta_1$$

und belege diese mit Masse von der Dichtigkeit $k'' = -m \cos \vartheta_1 : (1-\varepsilon)^2$, so wird ihr Potential

$$W' = -m \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\frac{1}{2}\pi} B^2 \sin \vartheta_1 \cos^2 \vartheta_1 \left[\frac{1}{E} - B\varepsilon \frac{\partial \frac{1}{E}}{\partial B} + \cdots \right] d\vartheta_1.$$

Läfst man nun mit abnehmendem ε die Konstante m derart wachsen, dafs

$$\lim_{\varepsilon = 0} (m\varepsilon) = c$$

endlich bleibt, so wird

$$\lim_{\varepsilon = 0} (W + W') = U = B^2 c \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \sin \vartheta_1 \cos^2 \vartheta_1 \frac{\partial \frac{1}{E}}{\partial B} \, d\vartheta_1.$$

U kann somit als das Potential einer Art Doppelbelegung der Kugel 11) bezeichnet werden, allerdings nicht der gewöhnlichen Doppelbelegung; denn diese würde erfordern, dafs W und W' die Potentiale konzentrischer Kugeln sind, während hier exzentrische Kugeln auftreten. Die Gröfse $c \cos \vartheta_1$ soll als das Moment unserer Doppelbelegung bezeichnet werden. Der zweite Summand der rechten Seite von 10) stellt dann das Potential der hier definierten Doppelbelegung der Kugel 11) mit dem Moment $\frac{4}{3}\frac{A^3}{B} \cos \vartheta_1 = \frac{4}{3}\frac{A^3}{B} \cos \frac{u_1}{2}$ dar. Das Gesamtmoment der Doppelbelegung, d. i. die Summe der Produkte aus Moment und Flächenelement, ist $= \frac{8}{9} \pi A^3 B$.

Wir haben somit folgendes Resultat:

Die Wirkung, welche die von der Ovalfläche 1) begrenzte homogene Masse von der Dichtigkeit 1 auf einen Punkt aufserhalb der mit dem Radius $A + B$ um den Anfangspunkt be-

schriebenen Kugel ausübt, kann ersetzt werden durch die Anziehung der Kugelfläche 11), falls diese einfach belegt ist mit Masse von der Dichtigkeit $\frac{2A(A^2+B^2)}{B^2}\cos\vartheta_1$ und aufserdem in der vorher erörterten Art doppelt belegt mit Masse von dem Moment $\frac{4}{3}\frac{A^3}{B}\cos\vartheta_1$. Die Gesamtmasse der einfachen Belegung ist gleich der gegebenen, von der Fläche 1) begrenzten räumlichen Masse.

Die Vergleichung dieses Resultats mit dem des entsprechenden ebenen Problems [Abschnitt I b, S. 10] zeigt, dafs an Stelle des bei dem ebenen Problem auftretenden Punktes Q_1 hier eine um Q_1 beschriebene, durch den Brennpunkt des Ausgangsellipsoids gehende Kugel, an Stelle des Doppelpunktes Q_1 eine neue Art der Doppelbelegung derselben Kugel tritt. Aber weder die Dichtigkeit der einfachen Kugelbelegung, noch das Moment ihrer Doppelbelegung ist konstant.

Dafs das Resultat nicht nur unter der bei der Ableitung gemachten Einschränkung, sondern für alle aufserhalb der Fläche 1) gelegenen Punkte gilt, ergibt sich aus folgender Überlegung. Bezeichnet man den Ausdruck auf der rechten Seite von 10) mit $F(r, \vartheta, \varphi)$, so weifs man, dafs, da die Kugel 11) ganz innerhalb der Fläche 1) liegt, $F(r, \vartheta, \varphi)$ mit V folgende Eigenschaften gemein hat: Für alle aufserhalb der Fläche 1) gelegenen Punkte genügen F und V der Laplaceschen Gleichung, und für alle diese Punkte sind F sowohl, als V nebst ihren sämtlichen Ableitungen endlich und stetig; endlich ist für alle Punkte aufserhalb der Kugel $r = A + B$ die Funktion F mit V identisch, ebenso die Ableitungen von F mit denen von V. Hieraus folgt, dafs auch die Fortsetzungen von F und V in das Innere der Kugel $r = A + B$ zunächst für solche Punkte, die dieser Kugel sehr nahe liegen, übereinstimmen und weiter ebenso für alle Punkte, soweit die Funktionen F und V nebst ihren Ableitungen kontinuierlich sind, d. h. für alle Punkte innerhalb der Kugel $r = A + B$, die aufserhalb der Fläche 1) liegen.

Zusatz 1. Für Punkte der Rotationsachse, d. h. für $\vartheta = 0$ oder $\vartheta = \pi$, also $\cos\gamma = \cos\vartheta_1$ oder $\cos\gamma = -\cos\vartheta_1$, läfst sich V in endlicher Form darstellen, und zwar sowohl, wenn man die Formel 10) auf diese Fälle anwendet, als auch, wenn man in Gleichung 2) S. 12 $\vartheta = 0$, resp.

$\vartheta = \pi$ setzt und das so erhaltene Integral auswertet (ohne Reihenentwicklung). Beide Rechnungen führen für alle Punkte der Rotationsachse, die aufserhalb der Fläche 1) liegen, zu demselben Resultat.

Zusatz 2. Will man dem konstanten Faktor des zweiten Summanden der rechten Seite von 10) eine ähnliche Form geben, wie sie bei Neumann auftritt (vgl. Abschnitt I b, S. 10), nämlich die Form MK', so wird

$$K' = \frac{4}{3} A^3 B : \frac{4}{3} \pi A (A^2 + B^2)$$

oder nach Einführung der Neumannschen Bezeichnung α, α_1, δ (vgl. S. 10)

$$K' = \frac{\alpha - \alpha_1}{2\pi (1 + 2\delta)}.$$

Würde man in 10) die Differentiation nach B durch die nach $\frac{B}{2}$ ersetzen, wie in Formel XI S. 10, so würde

$$K' = \frac{\alpha - \alpha_1}{4\pi (1 + 2\delta)},$$

während bei dem ebenen Problem dieser Faktor den Wert

$$K = \frac{\alpha - \alpha_1}{4 (1 + \delta)}$$

hatte.

Zusatz 3. Aus den Werten 1 b) von A und B folgt, dafs $A > B$ ist. Das Resultat bleibt aber auch noch für den Fall $A = B$ bestehen. In diesem Falle ist die Meridiankurve von 1) die Kardioide, die Fläche 1) selbst entsteht, falls $A = B$ ist, durch Transformation eines Rotationsparaboloids mittels reziproker Radien für den Brennpunkt des Paraboloids als Transformationszentrum.

b)

Unser Hauptresultat, die Gleichung 10) S. 14 kann noch anders gedeutet werden. Die Wirkung der S. 15 definierten neuen Art von Doppelbelegung der Kugel auf äufsere Punkte läfst sich durch die Wirkung einer gewissen einfachen Belegung derselben Kugelfläche ersetzen. Um diese zu ermitteln, führen wir an Stelle der Polarkoordinaten r, ϑ, φ, deren Pol der Brennpunkt F des Ausgangsellipsoids war, andere Polarkoordinaten ein, deren Pol im Mittelpunkte Q_1 der Kugel 11) liegt. Die Polarachse

bilde in beiden Systemen die Rotationsachse, und es treten an Stelle von r, ϑ die neuen Variablen ϱ, u, während φ bleibt. Zwischen den alten und neuen Variablen finden die Beziehungen statt.

13) $$r\cos\vartheta = \frac{B}{2} + \varrho\cos u,\quad r\sin\vartheta = \varrho\sin u;$$

ferner wird für die Punkte der Kugelfläche 11) selbst

13 a) $$\vartheta_1 = \frac{1}{2}u_1,$$

wie schon S. 14 bemerkt ist. Nach Einführung der neuen Variablen geht der Ausdruck für den Abstand E [Formel 9) S. 14] des Aufpunktes von einem Punkte der Kugelfläche 11) über in:

14) $$E^2 = \varrho^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2 - 2\varrho\frac{B}{2}\cos\delta,$$

worin

14 a) $$\cos\delta = \cos u\cos u_1 + \sin u\sin u_1\cos(\varphi_1 - \varphi)$$

ist, das Element der Kugelfläche wird

$$\left(\frac{B}{2}\right)^2 \sin u_1\, du_1\, d\varphi_1,$$

und u_1 variiert von 0 bis π. Weiter tritt in 10) der Ausdruck $\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial B}$ auf, wobei E durch 9) gegeben ist, so dafs

15) $$\left(\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial B}\right) = \frac{r\cos\vartheta_1\cos\gamma - B\cos^2\vartheta_1}{E^3}$$

wird. Dieser Ausdruck ist keineswegs identisch mit dem, der sich aus 14) für $\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial B}$ ergibt. Ich will die beiden Ausdrücke dadurch unterscheiden, dafs ich $\left(\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial B}\right)$ in Klammern setze, wenn damit der Ausdruck 15) bezeichnet wird, während $\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial B}$ ohne Klammern den Ausdruck bezeichnen soll, der sich aus 14) durch Differentiation nach B ergibt. Nach Einführung der neuen Variablen geht 15) über in

16) $$\left(\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial B}\right) = \frac{1}{2}\frac{\varrho\cos u + \varrho\cos\delta - \frac{B}{2}(1+\cos u_1)}{E^3}.$$

Andererseits folgt aus 14), dafs

$$17) \qquad \frac{\varrho\cos u + \varrho\cos\delta - \frac{B}{2}(1+\cos u_1)}{E^3} = (1+\cos u_1)\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial\frac{B}{2}} - \frac{\sin u_1}{\frac{B}{2}}\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial u_1}$$

ist. Somit wird der zweite Summand der rechten Seite von 10), den wir V_2 nennen wollen, nach Einführung der neuen Variabeln

$$18) \qquad V_2 = \frac{1}{3}A^3\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\pi} \sin u_1 \cos\frac{u_1}{2}\left[\frac{B}{2}(1+\cos u_1)\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial\frac{B}{2}} - \sin u_1\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial u_1}\right] du_1.$$

Integriert man den zweiten Summanden teilweise, so kommt

$$18\,a) \quad V_2 = \frac{1}{3}A^3\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\pi} \sin u_1 \left\{\cos^3\frac{u_1}{2}\left[2\cdot\frac{B}{2}\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial\frac{B}{2}} + 5\cdot\frac{1}{E}\right] - 3\cos\frac{u_1}{2}\cdot\frac{1}{E}\right\} du_1.$$

Entwickelt man $1/E$ in bekannter Weise, also, da $\varrho > \frac{B}{2}$,

$$\frac{1}{E} = \sum_0^{\infty} \frac{\left(\frac{B}{2}\right)^n P_n(\cos\delta)}{\varrho^{n+1}}$$

und benutzt die der Formel 4) analoge Formel

$$\int_0^{2\pi} P_n(\cos\delta)\, d\varphi_1 = 2\pi\, P_n(\cos u)\, P_n(\cos u_1),$$

so wird

$$18\,b) \qquad V_2 = \frac{2\pi}{3}A^3\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\left(\frac{B}{2}\right)^n P_n(\cos u)}{\varrho^{n+1}} J_n,$$

wo

$$19) \qquad J_n = \int_0^{\pi} P_n(\cos u_1)\left[(2n+5)\cos^3\frac{u_1}{2} - 3\cos\frac{u_1}{2}\right]\sin u_1\, du_1$$

ist. Das Integral 19) läfst sich in endlicher Form ermitteln. Entwickelt man nämlich $\cos\frac{u_1}{2}$, wie die dritte Potenz dieser Gröfse nach Kugelfunktionen mit dem Argumente $\cos u_1$, so ergibt sich

$$20)\quad \begin{cases} \cos\frac{u_1}{2} = \frac{1}{2}\sum_{m=0}^{\infty}(-1)^m\left(\frac{1}{2m+3}-\frac{1}{2m-1}\right)P_m(\cos u_1), \\ \cos^3\frac{u_1}{2} = \frac{3}{16}\sum_{m=0}^{\infty}(-1)^m\left(\frac{2}{2m+3}-\frac{2}{2m-1}+\frac{1}{2m-3}-\frac{1}{2m+5}\right)P_m(\cos u_1). \end{cases}$$

Wendet man auf diese Gleichungen die Integralsätze der Kugelfunktionen an, so wird

$$J_n\cdot(2n+1) = \frac{3}{8}(-1)^n(2n+5)\left[\frac{2}{2n+3}-\frac{2}{2n-1}+\frac{1}{2n-3}-\frac{1}{2n+5}\right] - 3(-1)^n\left(\frac{1}{2n+3}-\frac{1}{2n-1}\right)$$

oder

$$21)\qquad J_n = \frac{3}{2}\frac{(-1)^n}{2n+1}\left[\frac{2}{2n-3}-\frac{1}{2n-1}-\frac{1}{2n+3}\right].$$

Andererseits werde unsere Kugelfläche vom Radius $\frac{1}{2}B$ mit Masse von der Dichtigkeit k' belegt, so erhält man, falls k', nach Kugelfunktionen der zwei Veränderlichen u_1, φ_1 entwickelt, die Reihe

$$22)\qquad k' = \sum_{m=0}^{\infty} K_m(u_1, \varphi_1)$$

gibt, für das Potential $\overline{V}$ dieser Belegung in bezug auf den äufseren Punkt ϱ, u, φ die Formel[1])

$$23)\qquad V = 4\pi\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\left(\frac{B}{2}\right)^{n+2}}{\varrho^{n+1}}\frac{K_n(u,\varphi)}{2n+1}.$$

Soll $\overline{V}$ mit V_2 identisch werden, so mufs

$$K_n(u,\varphi) = \frac{2}{3}\frac{A^3}{B^2}P_n(\cos u)(2n+1)\,J_n = \frac{A^3}{B^2}(-1)^n P_n(\cos u)\left[\frac{2}{2n-3}-\frac{1}{2n-1}-\frac{1}{2n+3}\right]$$

sein. Die Dichtigkeit k' der Masse, mit der man die Kugelfläche belegen mufs, um das Potential V_2 zu erhalten, hat somit den von φ_1 unabhängigen Wert:

$$24)\qquad k' = \frac{A^3}{B^2}\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n P_n(\cos u_1)\left[\frac{2}{2n-3}-\frac{1}{2n-1}-\frac{1}{2n+3}\right].$$

Die Summation in 24) läfst sich ausführen. Aus den beiden Gleichungen 20) folgt nämlich

[1]) Vgl. z. B. Heine, Handbuch der Kugelfunktionen, 2. Auflage, Bd. II, S. 63.

$$\frac{32}{3}\cos^3\frac{u_1}{2} - 6\cos\frac{u_1}{2} = \sum_0^\infty (-1)^n P_n(\cos u_1)\left[\frac{2}{2n-3} - \frac{1}{2n-1} + \frac{1}{2n+3} - \frac{2}{2n+5}\right],$$

wodurch 24) die Form annimmt

24a) $$k' = \frac{A^3}{B^2}\left\{\frac{32}{3}\cos^3\frac{u_1}{2} - 6\cos\frac{u_1}{2} - \sum_0^\infty (-1)^n P_n(\cos u_1)\left(\frac{2}{2n+3} - \frac{2}{2n+5}\right)\right\}.$$

Setzt man in 24a)

$$\frac{2}{2n-3} = \int_0^1 \alpha^{\frac{1}{2}(2n+1)}\, d\alpha, \qquad \frac{2}{2n-5} = \int_0^1 \alpha^{\frac{1}{2}(2n+3)}\, d\alpha,$$

so wird

$$\sum_0^\infty (-1)^n P_n(\cos u_1)\left(\frac{2}{2n+3} - \frac{2}{2n+5}\right) = \int_0^1 d\alpha\sqrt{\alpha}\,(1-\alpha)\sum_0^\infty (-1)^n \alpha^n P_n(\cos u_1)$$

$$= \int_0^1 \frac{\sqrt{\alpha}\,(1-\alpha)\,d\alpha}{1 - 2\alpha\cos u_1 + \alpha^2}$$

und schliefslich

25) $$k' = \frac{A^3}{B^2}\left\{\frac{32}{3}\cos^3\frac{u_1}{2} - 6\cos\frac{u_1}{2} - \int_0^1 \frac{\sqrt{\alpha}\,(1-\alpha)\,d\alpha}{\sqrt{1 + 2\alpha\cos u_1 + \alpha^2}}\right\}.$$

Fügt man zu dieser Dichtigkeit diejenige hinzu, die erforderlich ist, um den ersten Summanden von V in Formel 10) zu erhalten, so ergibt sich das folgende Resultat:

Man kann die Wirkung, welche die von der Ovalfläche 1) begrenzte homogene Masse von der Dichtigkeit 1 auf einen äufseren Punkt ausübt, ersetzen durch die Wirkung einer mit Masse belegten Kugelfläche. Die Kugel hat den Radius $\frac{B}{2}$, ihr Mittelpunkt liegt auf der Rotationsachse, und sie geht durch den Brennpunkt des Ausgangsellipsoids. Die Dichtigkeit, mit der man die Kugel belegen mufs, ist $k + k'$, wo k durch die Gleichung 12) (S. 14), k' durch die Gleichung 25) bestimmt ist.

Zusatz. Ableitung der benutzten Hilfsformeln 20). Die für $|\alpha| < 1$, $-1 \leq \mu \leq 1$ geltende Gleichung

a) $$\frac{1}{\sqrt{1 - 2\alpha\mu + \alpha^2}} = \sum_0^\infty \alpha^m P_m(\mu)$$

multipliziere man mit $1-2\alpha\mu+\alpha^2$ und wende zugleich die bekannte Rekursionsformel

b) $$(2m+1)\,P_m(\mu)\cdot\mu = m\,P_{m-1}(\mu)+(m+1)\,P_{m+1}(\mu)$$

an, so dafs

$$\sum_0^\infty \alpha^{m+1}\mu\,P_m(\mu) = \sum_0^\infty \frac{\alpha^{m+1}\,m\,P_{m-1}(\mu)}{2m+1} + \sum_0^\infty \frac{\alpha^{m+1}(m+1)\,P_{m+1}(\mu)}{2m+1}$$
$$= \sum_0^\infty \frac{\alpha^{m+2}(m+1)\,P_m(\mu)}{2m+3} + \sum_0^\infty \frac{\alpha^m\,m\,P_m(\mu)}{2m-1}$$

wird, wie aus einer anderen Bezeichnung des Summationsbuchstabens folgt. Dann erhält man

c) $$\sqrt{1-2\alpha\mu+\alpha^2} = \sum_0^\infty \left(\frac{\alpha^{m+2}}{2m+3} - \frac{\alpha^m}{2m-1}\right) P_m(\mu).$$

Die Reihe auf der rechten Seite dieser Gleichung konvergiert noch für $-1 \leqq \mu \leqq 1$ und $|\alpha| = 1$. Setzt man in c) $\alpha = -1$, so ergibt sich

d) $$\sqrt{2(1+\mu)} = \sum_0^\infty \left(\frac{1}{2m+3} - \frac{1}{2m-1}\right)(-1)^m\,P_m(\mu),$$

und diese Gleichung ist für $\mu = \cos u_1$ mit der ersten Gleichung 20) identisch.

Multipliziert man die Gleichung d) mit $(1+\mu)$, wendet nochmals die Rekursionsformel b) an und vereinigt alle Kugelfunktionen mit gleichem Index, so folgt

$$(1+\mu)\sqrt{2(1+\mu)} = \sum_0^\infty (-1)^m\,P_m(\mu)\left\{\frac{1}{2m+3} - \frac{1}{2m-1} - \frac{m+1}{2m+3}\left(\frac{1}{2m+5} - \frac{1}{2m+1}\right)\right.$$
$$\left. - \frac{m}{2m-1}\left(\frac{1}{2m+1} - \frac{1}{2m-3}\right)\right\}$$

oder

e) $$\frac{1+\mu}{2}\sqrt{\frac{1+\mu}{2}} = \frac{3}{16}\sum_0^\infty (-1)^m\,P_m(\mu)\left[\frac{1}{2m-3} - \frac{2}{2m-1} + \frac{2}{2m+3} - \frac{1}{2m+5}\right],$$

und diese Gleichung ist mit der zweiten Gleichung 20) identisch.

III. Das Potential des Ovaloids, dessen Oberfläche aus einem abgeplatteten Rotationsellipsoid durch Transformation mittels reziproker Radien vom Mittelpunkte aus entsteht.

a) Ableitung zweier Hilfsformeln.

Zur Behandlung des in der Überschrift genannten wie mehrerer weiterhin folgender Probleme ist folgende Darstellung der Kugelfunktionen nötig.

Hilfssatz. Für gerade Indizes $2n$ kann man die Kugelfunktion durch folgende Gleichung darstellen:

a) $$P_{2n}(x) = \frac{(-1)^n}{n!}\, x\, \frac{d^n\,[x^{2n-1}(1-x^2)^n]}{d\,(x^2)^n},$$

wo rechts n-mal nach x^2 zu differentiieren ist.

Beweis. Ist

I) $$\sqrt{1+2\alpha x+\alpha^2} - \sqrt{1-2\alpha x+\alpha^2} = 2\alpha y,$$

so ist

II) $$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{2}\left\{\frac{1}{\sqrt{1+2\alpha x+\alpha^2}} + \frac{1}{\sqrt{1-2\alpha x+\alpha^2}}\right\} = \sum_{n=0}^{\infty} \alpha^{2n} P_{2n}(x),$$

und bei zweckmäfsiger Wahl von α konvergiert die Reihe stets. Andererseits folgt aus I)

III) $$y^2 = x^2 + \alpha^2 y^2 (y^2 - 1)$$

oder, wenn man

IIIa) $$y^2 = y_1,\ x^2 = x_1,\ \alpha^2 = \alpha_1$$

setzt,

IV) $$y_1 = x_1 + \alpha_1 y_1 (y_1 - 1).$$

Wendet man auf IV) die Lagrangesche Umkehrungsformel an, so wird

$$\varphi(y_1) = \varphi(x_1) + \sum_{1}^{\infty} \frac{\alpha_1{}^n}{n!}\, \frac{d^{n-1}\,[\varphi'(x_1)\,(x_1(x_1-1))^n]}{d\,x_1{}^{n-1}},$$

speziell

V) $$\sqrt{y_1} = \sqrt{x_1} + \sum_{1}^{\infty} \frac{\alpha_1{}^n}{n!}\, \frac{1}{2}\, \frac{d^{n-1}\left[\frac{1}{\sqrt{x_1}}\,(x_1(x_1-1))^n\right]}{d\,x_1{}^{n-1}},$$

d. h. nach Wiedereinführung von x, y, α an Stelle von x_1, y_1, α_1

Va) $$y = x + \sum_1^\infty \frac{(-1)^n \alpha^{2n}}{2 \cdot n!} \frac{d^{n-1}[x^{2n-1}(1-x^2)^n]}{d(x^2)^{n-1}},$$

mithin

VI) $$\frac{dy}{dx} = 1 + \sum_1^\infty \frac{(-1)^n \alpha^{2n}}{2 \cdot n!} \frac{d^n[x^{2n-1}(1-x^2)^n]}{d(x^2)^n} \cdot 2x.$$

Die Vergleichung der beiden Reihen II) und VI) ergibt die Formel a).

Eine analoge Formel gilt auch für Kugelfunktionen mit ungeradem Index. Sie ergibt sich so:

Aus a) folgt

VII) $$(2n+1) P_{2n}(x) + (2n+2) P_{2n+2}(x) = \frac{(-1)^n}{n!} x \frac{d^n}{d(x^2)^n} \Big[(2n+1) x^{2n-1}(1-x^2)^n - 2 \frac{d x^{2n+1}(1-x^2)^{n+1}}{d(x^2)} \Big] = \frac{(-1)^n}{n!} x (4n+3) \frac{d^n[x^{2n+1}(1-x^2)^n]}{d(x^2)^n}.$$

Andererseits ist

VIII) $$(2n+1) P_{2n}(x) + (2n+2) P_{2n+2}(x) = (4n+3) x P_{2n+1}(x),$$

mithin ist

b) $$P_{2n+1}(x) = \frac{(-1)^n}{n!} \frac{d^n[x^{2n+1}(1-x^2)^n]}{d(x^2)^n}.$$ [1])

b) Lösung des Problems.

Aus dem abgeplatteten Rotationsellipsoid

$$\frac{X^2}{b^2} + \frac{Y^2 + Z^2}{a^2} = 1 \qquad (a > b)$$

entsteht durch Inversion vom Mittelpunkte aus die Ovalfläche

1) $$(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2)^2 = a_1^2 x_1^2 + b_1^2 (y_1^2 + z_1^2),$$

worin, wenn R der Radius der Transformationskugel,

1a) $$a_1 = \frac{R^2}{b}, \; b_1 = \frac{R^2}{a}, \text{ mithin } a_1 > b_1$$

ist. Der Anfangspunkt der Systeme X, Y, Z und x_1, y_1, z_1 ist derselbe. Drückt man x_1, y_1, z_1 durch räumliche Polarkoordinaten $\bar{r}_1, \vartheta_1, \varphi_1$ aus, so geht 1) über in

1b) $$\bar{r}_1^2 = b_1^2 + (a_1^2 - b_1^2) \cos^2 \vartheta_1.$$

[1]) Eine andere Ableitung der Formeln a) und b) habe ich im vorigen Jahre im Jahresberichte der Deutschen Mathematiker-Vereinigung Bd. 23, S. 385 mitgeteilt.

Wie vorher, sollen $\bar{r}_1, \vartheta_1, \varphi_1$ die Koordinaten eines Punktes der Fläche 1) bezeichnen, $r_1, \vartheta_1, \varphi_1$ die eines inneren, r, ϑ, φ die eines äufseren Punktes. Das Potential V der von der Fläche 1) begrenzten Masse von der konstanten Dichtigkeit 1 ist wieder durch den Ausdruck 2) des vorigen Abschnittes (S. 12) dargestellt, nur dafs $\bar{r}_1$ hier einen anderen Wert hat. Ebenso kann man, falls nur $r > a_1$ ist, die an Gleichung 2) des vorigen Abschnitts geknüpfte Entwicklung benutzen und erhält für V die Reihe 5) S. 12, worin aber

$$J_n = \frac{1}{n+3} \int_0^{\pi} \left(\sqrt{b_1^2 + (a_1^2 - b_1^2)\cos^2\vartheta_1}\right)^{n+3} P_n(\cos\vartheta_1) \sin\vartheta_1 \, d\vartheta_1$$

ist. Dabei werden alle Integrale J_n, in denen n eine ungerade Zahl ist, gleich Null. Es wird also

2) $$V = 2\pi \sum_{n=0}^{\infty} \frac{P_{2n}(\cos\vartheta)}{r^{2n+1}} J_{2n}$$

und

2 a) $$J_{2n} = \frac{1}{2n+3} \int_0^{\pi} \left(\sqrt{b_1^2 + (a_1^2 - b_1^2)\cos^2\vartheta_1}\right)^{2n+3} P_{2n}(\cos\vartheta_1) \sin\vartheta_1 \, d\vartheta_1.$$ [1])

Das von 0 bis π erstreckte Integral 2 a) ist gleich dem Doppelten der von 0 bis $\frac{1}{2}\pi$ erstreckten. Setzt man ferner

$$\cos\vartheta_1 = \mu,$$

so wird

2 b) $$J_{2n} = \frac{2}{2n+3} \int_0^{1} [b_1^2 + (a_1^2 - b_1^2)\mu^2]^{\frac{2n+3}{2}} P_{2n}(\mu) \, d\mu.$$

In 2 b) ist nun für $P_{2n}(\mu)$ der oben abgeleitete Ausdruck a) einzusetzen. Führt man zugleich

$$\mu_1 = \mu^2$$

als Integrationsvariable ein, so erhält man

3) $$J_{2n} = \frac{1}{2n+3} \frac{(-1)^n}{n!} \int_0^{1} [b_1^2 + (a_1^2 - b_1^2)\mu_1]^{n+\frac{3}{2}} \frac{d^n\left(\mu_1^{n-\frac{1}{2}} (1-\mu_1)^n\right)}{d\mu_1^n} \, d\mu_1$$

[1]) In dem analogen Problem der Ebene (S. 6) trat dieselbe Wurzel auf wie hier. Aber dort kamen in J_{2n} nur die geraden Potenzen dieser Wurzel vor, hier die ungeraden, so dafs die Wurzel hier nicht verschwindet wie dort. In diesem Umstande ist die gröfsere Kompliziertheit des räumlichen Problems begründet.

und weiter, wenn man n-mal teilweise integriert und beachtet, dafs der $(n-1)$-te Differentialquotient von $\mu_1^{n-\frac{1}{2}}(1-\mu_1)^n$ sowie alle niedrigeren an den Grenzen verschwinden:

$$3\,a)\quad J_{2n} = \frac{(2n+1)\,(2n-1)\cdots 5}{2^n \cdot n!}\,(a_1^2-b_1^2)^n \int_0^1 [b_1^2 + (a_1^2-b_1^2)\,\mu_1]^{\frac{3}{2}}\,\mu_1^{n-\frac{1}{2}}\,(1-\mu_1)^n\,d\mu_1.$$

Weiter ist

$$4)\qquad \frac{1\cdot 3\cdots(2n-1)}{2\cdot 4\cdots 2n} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \cos^{2n}\varphi_1\,d\varphi_1,$$

so dafs, wenn man die Integrationsveränderliche μ_1 wieder durch ϑ_1 ersetzt $(\mu_1 = \mu^2 = \cos^2\vartheta_1)$,

$$5)\qquad J_{2n} : \left(\frac{2}{3}\,\frac{2n+1}{2\pi}\,(a_1^2-b_1^2)^n\right) =$$

$$\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\frac{\pi}{2}} [b_1^2 + (a_1^2-b_1^2)\cos^2\vartheta_1]^{\frac{3}{2}}\,\sin^{2n}\vartheta_1\,\cos^{2n}\vartheta_1\,\cos^{2n}\varphi_1\,\sin\vartheta_1\,d\vartheta_1$$

wird. Darin soll noch die Integrationsveränderliche ϑ_1 durch

$$\vartheta_2 = 2\,\vartheta_1$$

ausgedrückt und zugleich zur Abkürzung

$$6)\qquad \frac{1}{2}\sqrt{a_1^2+b_1^2} = \alpha,\quad \frac{1}{2}\sqrt{a_1^2-b_1^2} = \beta$$

gesetzt werden, so wird

$$7)\qquad J_{2n} = \frac{2}{3}\,\frac{2n+1}{2\pi}\,\beta^{2n}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\pi} \frac{\sqrt{(\alpha^2+\beta^2\cos\vartheta_2)^3}}{\sqrt{1+\cos\vartheta_2}}\,\sin^{2n}\vartheta_2\,\cos^{2n}\varphi_1\,\sin\vartheta_2\,d\vartheta_2.$$

Die Integration nach ϑ_2, φ_1 kann man als Integration über eine Kugelfläche vom Radius 1 ansehen. Führt man statt der Kugelkoordinaten ϑ_2, φ_1 andere u, v ein durch die Substitution

$$8)\qquad \begin{cases} \sin\vartheta_2\cos\varphi_1 = \cos u, \\ \sin\vartheta_2\sin\varphi_1 = \sin u\sin v, \\ \cos\vartheta_2 = \sin u\cos v, \end{cases}$$

so wird

9) $$J_{2n} = \frac{2}{3}\frac{2n+1}{2\pi}\beta^{2n}\int_0^{2\pi} dv \int_0^{\pi} \frac{\sqrt{(\alpha^2+\beta^2\sin u\cos v)^3}}{\sqrt{1+\sin u\cos v}}\cos^{2n}u\sin u\,du,$$

und das Potential V [Gl. 2), S. 25] wird, wenn man noch für die Summe der Integrale das Integral der Summe setzt:

10) $$V = \frac{2}{3}\int_0^{2\pi} dv \int_0^{\pi} \frac{\sqrt{(\alpha^2+\beta^2\sin u\cos v)^3}}{\sqrt{1+\sin u\cos v}}\sin u\,du \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n+1)\,\beta^{2n}\cos^{2n}u\,P_{2n}(\cos\vartheta)}{r^{2n+1}}.$$

Zu den geraden Potenzen von $\cos u$ kann man in der Summe ohne weiteres die entsprechenden Glieder mit den ungeraden Potenzen hinzufügen, da

$$\int_0^{\pi} F(\sin u)\cos^{2n+1}u\,du = 0$$

ist, d. h. man kann der Gleichung 10) die Form geben

10 a) $$V = \frac{2}{3}\int_0^{2\pi} dv \int_0^{\pi} \frac{\sqrt{(\alpha^2+\beta^2\sin u\cos v)^3}}{\sqrt{1+\sin u\cos v}}\sin u\,du \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(n+1)\,\beta^{n}\cos^{n}u\,P_{n}(\cos\vartheta)}{r^{n+1}}.$$

Nun ist, da $\beta < r$,

11) $$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{\beta^n\cos^n u\,P_n(\cos\vartheta)}{r^{n+1}} = \frac{1}{\sqrt{r^2+\beta^2\cos^2 u - 2r\cos\vartheta\,\beta\cos u}} = \frac{1}{E},$$

und E ist der Abstand des Aufpunktes (r, ϑ, φ) von dem Punkte Q der Rotationsachse, dessen Koordinaten

11 a) $$x_1 = \beta\cos u,\quad y_1 = 0,\quad z_1 = 0$$

sind. Da u von 0 bis π variiert, so erfüllen alle Punkte Q die Strecke der Rotationsachse, die von $x_1 = -\beta = -\frac{1}{2}\sqrt{a_1^2 - b_1^2}$ bis $x_1 = \beta = \frac{1}{2}\sqrt{a_1^2 - b_1^2}$ reicht. Die Endpunkte dieser Strecke mögen Q_2 auf der positiven Seite und Q_1 auf der negativen sein. Zur Abkürzung werde noch

12) $$\frac{2}{3}\int_0^{2\pi} \frac{\sqrt{(\alpha^2+\beta^2\sin u\cos v)^3}}{\sqrt{1+\sin u\cos v}}\,dv = f(\sin u)$$

gesetzt, so nimmt V die Form an:

13) $$V = -\int_0^{\pi} f(\sin u)\,\frac{\partial\frac{\cos u}{E}}{\partial u}\,du,$$

aus der durch teilweise Integration folgt

$$14) \qquad V = \frac{4\pi}{3}\alpha^3\left(\frac{1}{E_1}+\frac{1}{E_2}\right)+\int_0^{\pi}\frac{df\,(\sin u)}{du}\,\frac{\cos u}{E}\,du.$$

Darin sind E_1 und E_2 die Abstände des Aufpunktes (r, ϑ, φ) von den obigen Punkten Q_1 und Q_2. Der erste Summand der rechten Seite von 14) ist also die Summe der Potentiale der Massenpunkte Q_1, Q_2, wenn in jedem derselben die Masse $\frac{4\pi}{3}\alpha^3 = \frac{\pi}{6}\sqrt{(a_1^2+b_1^2)^3}$ konzentriert ist, und das letzte Glied der rechten Seite stellt das Potential der Strecke $Q_1\,Q_2$ dar; denn setzt man in 14) $\beta\cos u = x_1$, so lautet das letzte Glied

$$-\frac{1}{\beta}\int_{-\beta}^{\beta}\frac{x_1\,dx_1}{E}\,\frac{df\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2-x_1^2}\right)}{dx_1},$$

welcher Ausdruck das Potential der von $x_1 = -\beta$ bis $x_1 = \beta$ reichenden Strecke $Q_1\,Q_2$ darstellt, falls diese Strecke mit Masse von der Dichtigkeit

$$15) \qquad k = -\frac{1}{\beta}\,x_1\,\frac{df\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2-x_1^2}\right)}{dx_1}$$

belegt ist; darin ist die Funktion f durch 12) gegeben. Die gesamte auf der Strecke $Q_1\,Q_2$ ausgebreitete Masse ist

$$16) \qquad M' = \int_{-\beta}^{+\beta} k\,dx_1 = -2f(0)+\frac{1}{\beta}\int_{-\beta}^{\beta} f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2-x_1^2}\right)dx_1$$

$$= -\frac{8}{3}\pi\alpha^3+\frac{2}{3}\int_0^{\pi}\sin u\,du\int_0^{2\pi}\frac{\sqrt{(\alpha^2+\beta^2\sin u\,\cos v)^3}}{\sqrt{1+\sin u\,\cos v}}\,dv.$$

Drückt man in diesem Integral die Variabeln u, v mittels 8) durch ϑ_2, φ_2, dann ϑ_2 durch $\vartheta_1 = \frac{1}{2}\vartheta_2$ aus, so wird

$$17) \quad \frac{2}{3}\int_0^{\pi}\sin u\,du\int_0^{2\pi}\frac{\sqrt{(\alpha^2+\beta^2\sin u\,\cos v)^3}}{\sqrt{1+\sin u\,\cos v}}\,dv$$

$$= \frac{2}{3}\int_0^{2\pi}d\varphi_1\int_0^{\frac{1}{2}\pi}\sqrt{[a_1^2+(a_1^2-b_1^2)\cos^2\vartheta_1]^3}\,\sin\vartheta_1\,d\vartheta_1.$$

Das rechts stehende Integral ist aber die gegebene, von dem Ovaloid 1) begrenzte anziehende Masse M, es ist somit

$$18) \qquad M' = -\frac{8}{3}\pi\alpha^3 + M.$$

Wir sind also zu folgendem Resultat gelangt. Die Anziehung, welche die von dem Ovaloid 1) begrenzte homogene Masse M auf äufsere Punkte ausübt, kann dadurch ersetzt werden, dafs man auf der von $x_1 = -\beta$ bis $x_1 = +\beta$ reichenden Strecke der Rotationsachse die Masse $M' = M - \frac{8}{3}\pi\alpha^3$ mit der durch 15) bestimmten Dichtigkeit k verteilt und aufserdem in jedem der Endpunkte dieser Strecke eine Masse $= +\frac{4}{3}\pi\alpha^3$ konzentriert.

Die hier auftretenden Punkte Q_1, Q_2 sind identisch mit den in dem ebenen Problem (S. 8) vorkommenden Punkten π_1, π_2. Neben der Anziehung dieser Massenpunkte aber spielt in dem räumlichen Problem noch die Anziehung der (mit Masse von nicht konstanter Dichtigkeit) belegten Linie $Q_1\,Q_2$ eine Rolle. — Dafs die unter der Annahme $r > a_1$ ausgeführte Entwicklung für alle Punkte aufserhalb der Fläche 1) gilt, ergibt sich genau wie S. 16.

Die Dichtigkeit k der auf $Q_1\,Q_2$ ausgebreiteten Masse wird in den Endpunkten unendlich wie $\frac{1}{\sqrt{\beta^2 - x_1^2}}$ für $x_1 = \beta$; die Gesamtmasse ist aber endlich. In allen übrigen Punkten von $Q_1\,Q_2$ ist k endlich, auch im Mittelpunkte der Strecke, d. h. für $u = \frac{1}{2}\pi$. Drückt man nämlich k durch u aus, so folgt aus 15), 12), 11 a):

$$19) \qquad k = \frac{1}{3\beta}\frac{\cos^2 u}{\sin u}\int_0^{2\pi} \frac{\cos v\, dv}{\sqrt{(1+\sin u\cos v)^3}}\,\{3\beta^2 - \alpha^2 + 2\beta^2 \sin u\cos v\}\sqrt{\alpha^2 + \beta^2\sin u\cos v},$$

und dieser Ausdruck nimmt für $u = \frac{\pi}{2}$ die unbestimmte Form $0.\infty$ an. Führt man statt v die neue Integrationsvariable λ durch die Substitution

$$\operatorname{tg}\frac{v}{2} = \frac{\sqrt{1+\sin u}}{\sqrt{1-\sin u}}\operatorname{tg}\lambda$$

ein und wendet zugleich den ersten Mittelwertsatz an, so wird

$$k = \frac{4}{3\beta}(N)\,\frac{1}{\sin\alpha}\int_u^{\frac{1}{2}\pi} \frac{(1-\sin\alpha-2\sin^2\lambda)\,d\lambda}{\sqrt{1-\sin\alpha-2\sin\alpha\sin^2\lambda}}.$$

(N ist darin ein Mittelwert von $(3\beta^2-\alpha^2+2\beta^2\sin u\cos u)\sqrt{\alpha^2+\beta^2\sin u\cos v}$). Dies Integral aber ist auch für $u=\frac{1}{2}\pi$ endlich.

Zusatz. Für den Grenzfall $a=\infty$, für den das abgeplattete Rotationsellipsoid in zwei parallele Ebenen übergeht, wird $b_1=0$, daher $\alpha=\beta=\frac{1}{2}a_1$. Zugleich geht das Ovaloid 1) dann in die beiden Kugeln

$$x_1^2+y_1^2+z_1^2=\pm 2\beta x_1$$

über. Das Potential V wird also in diesem Falle das Potential zweier Kugeln von konstanter Dichtigkeit, also gleich dem zweier Massenpunkte von gleicher Masse $=\frac{4}{3}\pi\beta^3=\frac{4}{3}\pi\alpha^3$, und die Massenpunkte liegen zu beiden Seiten des Anfangspunktes auf der Rotationsachse, und zwar im Abstand β von diesem, fallen also mit den obigen Punkten Q_1 und Q_2 zusammen. Da für $\alpha=\beta$, wie Gleichung 12) lehrt, $f(\sin u)$ von u unabhängig ist, also $k=0$ wird, so folgt aus 14) dasselbe Resultat, auf das die direkte Überlegung führte.

IV. Das Ausgangsellipsoid ist ein verlängertes Rotationsellipsoid, das Transformationszentrum der Mittelpunkt.

Das verlängerte Rotationsellipsoid

$$\frac{X^2}{a^2}+\frac{Y^2+Z^2}{b^2}=1 \quad (a>b)$$

geht durch Transformation mittels reziproker Radien vom Mittelpunkte aus in das Ovaloid

1) $$(x_1^2+y_1^2+z_1^2)^2=b_1^2x_1^2+a_1^2(y_1^2+z_1^2)$$

über, wenn, wie S. 24,

1a) $$\frac{R^2}{b}=a_1,\ \frac{R^2}{a}=b_1,\ \text{mithin } a_1>b_1$$

gesetzt wird. In Polarkoordinaten ausgedrückt, wird Gleichung 1):

1b) $$r_1^2=a_1^2-(a_1^2-b_1^2)\cos^2\vartheta_1.$$

Das Potential der von dem Ovaloide 1 b) begrenzten homogenen Masse wird, falls $r > a_1$, wieder durch den Ausdruck 2) S. 25 dargestellt, in dem aber

2 a) $$J_{2n} = \frac{1}{2n+3}\int_0^{\pi} \left(\sqrt{a_1^2 - (a_1^2 - b_1^2)\cos^2\vartheta_1}\right)^{2n+3} P_{2n}(\cos\vartheta_1)\sin\vartheta_1\, d\vartheta_1$$

ist. Reduziert man dies Integral in derselben Weise wie das analoge Integral S. 25, indem man eine neue Integrationsvariable $\mu_1 = \cos^2\vartheta_1$ einführt, die Hilfsformel a) S. 23 anwendet und teilweise integriert, so folgt

3) $$J_{2n} =$$

$$(-1)^n \frac{(2n+1)(2n-1)\cdots 5}{2^n \cdot n!}(a_1^2 - b_1^2)^n \int_0^1 [a_1^2 - (a_1^2 - b_1^2)\mu_1]^{\frac{3}{2}} \mu_1^{n-\frac{1}{2}} (1-\mu_1)^n\, d\mu_1.$$

Nun ist

4) $$(-1)^n \frac{1\cdot 3\cdots(2n-1)}{2\cdot 4\cdots 2n} = P_{2n}(0).$$

Benutzt man diese Gleichung und führt zugleich in 3) an Stelle von μ_1 die Variable

5) $$\mu_1 = \sin^2\left(\frac{1}{2}u\right)$$

ein, so wird

6) $$J_{2n} = \frac{2}{3}(2n+1)P_{2n}(0)\int_0^{\pi} \sqrt{(\alpha^2 + \beta^2\cos u)^3}\sqrt{1+\cos u}\,\beta^{2n}\sin^{2n}u\, du,$$

worin, wie S. 26,

7) $$\alpha = \frac{1}{2}\sqrt{a_1^2 + b_1^2}, \quad \beta = \frac{1}{2}\sqrt{a_1^2 - b_1^2}$$

ist. Setzt man weiter zur Abkürzung

8) $$\sqrt{(\alpha^2 + \beta^2\cos u)^3}\sqrt{1+\cos u} + \sqrt{(\alpha^2 - \beta^2\cos u)^3}\sqrt{1-\cos u} = f(\cos u),$$

so wird

6 a) $$J_{2n} = \frac{2}{3}(2n+1)P_{2n}(0)\int_0^{\frac{1}{2}\pi} f(\cos u)\,\beta^{2n}\sin^{2n}u\, du.$$

Setzt man den Ausdruck 6 a) in die Formel 2) S. 25 ein, so erhält man für das Potential der von dem jetzigen Ovaloid begrenzten Masse

$$9) \qquad V = \frac{4}{3}\pi \int_0^{\frac{1}{2}\pi} f(\cos u)\, du \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n+1)\, P_{2n}(0)\, P_{2n}(\cos\vartheta)\, \beta^{2n} \sin^{2n} u}{r^{2n+1}}.$$

Ferner ist nach Gleichung 4) S. 12

$$10) \qquad 2\pi\, P_{2n}(0)\, P_{2n}(\cos\vartheta) = \int_0^{2\pi} P_{2n}(\cos\gamma')\, d\varphi_1,$$

worin $\cos\gamma'$ den Wert bezeichnet, den der Ausdruck 2a) S. 12 von $\cos\gamma$ für $\vartheta_1 = \frac{\pi}{2}$ annimmt, d. h.

$$11) \qquad \cos\gamma' = \sin\vartheta\, \cos(\varphi_1 - \varphi),$$

daher

$$12) \qquad V = \frac{2}{3} \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\frac{1}{2}\pi} f(\cos u)\, du \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n+1)\, P_{2n}(\cos\gamma')\, \beta^{2n} \sin^{2n} u}{r^{2n+1}}.$$

Da

$$P_{2n+1}(0) = 0, \quad \text{daher auch} \quad \int_0^{2\pi} P_{2n+1}(\cos\gamma')\, d\varphi_1 = 0$$

ist, kann man in der Summe auf der rechten Seite von 12) die Glieder, die ungerade Potenzen von $\beta \sin u$ enthalten, hinzufügen, d. h.

$$12\,a) \qquad V = \frac{2}{3} \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\frac{1}{2}\pi} f(\cos u)\, du \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(n+1)\, P_n(\cos\gamma')\, \beta^n \sin^n u}{r^{n+1}}$$

schreiben. Dafs die in 12a) und den vorhergehenden Gleichungen auftretende Summe konvergiert, ergibt sich daraus, dafs, da $r > a_1$ war, sicher $r > \beta$ ist.

Nun ist

$$13) \qquad \sum_{n=0}^{\infty} \frac{P_n(\cos\gamma')\, \beta^n \sin^n u}{r^{n+1}} = \frac{1}{\sqrt{r^2 + \beta^2 \sin^2 u - 2r\beta \sin u \cos\gamma'}} = \frac{1}{E};$$

E ist der Abstand des sollizitierten Punktes (r, ϑ, φ) von dem Punkte Q der $y_1 z_1$-Ebene, dessen Koordinaten sind:

$$14) \qquad x_1 = 0, \quad y_1 = \beta \sin u \cos\varphi_1, \quad z_1 = \beta \sin u \sin\varphi_1,$$

und alle Punkte Q erfüllen das Innere eines mit dem Radius β um den Anfangspunkt beschriebenen Kreises. Weiter kann man die in 12a) auftretende Summe in doppelter Weise darstellen, entweder ist dieselbe

$$15) \qquad = \frac{\partial \frac{\beta}{E}}{\partial \beta} \qquad \text{oder} \qquad 15\,a) \quad = \frac{\partial \frac{\beta \sin u}{E}}{\partial (\beta \sin u)}.$$

Je nachdem man die eine oder die andere Darstellung benutzt, kann man die Gleichung 12a) verschieden deuten.

Erste Deutung. Auf Grund von 15) kann man 12a) so schreiben:

$$16) \qquad V = \frac{2}{3}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \frac{f(\cos u)\, du}{E} + \frac{2}{3}\beta \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\frac{1}{2}\pi} f(\cos u)\, \frac{\partial \frac{1}{E}}{\partial \beta}\, du.$$

Der erste Summand von 16) ist das Potential der Fläche des in der $y_1 z_1$-Ebene um den Anfangspunkt mit dem Radius β beschriebenen Kreises bei einer gewissen, nachher zu erörternden Massenbelegung; der zweite Summand von 16) dagegen ist das Potential einer gewissen Art von Doppelbelegung dieses Kreises, die sich folgendermafsen ergibt. Ist m eine Konstante, so ist

$$W = m \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \frac{f(\cos u)\, du}{E}$$

das Potential unserer Kreisfläche für eine gewisse einfache Massenbelegung. Neben diesem Kreise betrachte man einen zweiten Kreis der $y_1 z_1$-Ebene mit demselben Mittelpunkt und dem Radius $\beta(1-\varepsilon)$, belege die Fläche dieses zweiten Kreises so mit Masse, dafs ihr Potential wird

$$W' = -m \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \frac{f(\cos u, du}{E'},$$

wobei E' der Wert ist, in den E übergeht, wenn man β durch $\beta(1-\varepsilon)$ ersetzt, so dafs für sehr kleine ε

$$\frac{1}{E'} = \frac{1}{E} - \beta\varepsilon \frac{\partial \frac{1}{E}}{\partial \beta}$$

wird. m wähle man so, dafs $\lim_{\varepsilon = 0} (m\varepsilon) = \frac{2}{3}$ wird, so wird

$$\lim_{\varepsilon = 0}(W + W') = \frac{2}{3}\beta \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\frac{1}{2}\pi} f(\cos u)\, \frac{\partial \frac{1}{E}}{\partial \beta}\, du,$$

und das ist der zweite Summand von 16). Von der gewöhnlichen Doppelbelegung unterscheidet sich die hier auftretende dadurch, dafs dort zwei übereinander liegende Kreise mit gleichen Radien in Frage kommen und E und E' die Abstände des Aufpunktes von zwei senkrecht übereinander liegenden Punkten der Kreise bezeichnen, während hier die Kreise in derselben Ebene liegen, denselben Mittelpunkt, aber verschiedene Radien haben. E und E' sind hier die Abstände des Aufpunktes von zwei Punkten desselben Radius, die vom Mittelpunkte um $\varrho = \beta \sin u$, resp. $\varrho' = \beta(1 - \varepsilon)\sin u$ entfernt sind, und die Massenverteilung auf dem zweiten Kreise ist eine solche, dafs im Punkte ϱ' dieselbe Dichtigkeit vorhanden ist wie im Punkte ϱ des ersten Kreises.

Was die Massenverteilung anlangt, deren Potential der erste Summand von 16) ist, so ergibt sich für ihre Dichtigkeit, wenn man $\beta \sin u = \varrho$ setzt, der Wert

17) $$k = \frac{2}{3}\frac{f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2 - \varrho^2}\right)}{\varrho\sqrt{\beta^2 - \varrho^2}}.$$

k ist also für $\varrho = 0$ und $\varrho = \beta$ unendlich, die Gesamtmasse des Kreises aber trotzdem endlich, nämlich

18) $$M' = \frac{2}{3}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\frac{1}{2}\pi} f(\cos u)\, du.$$

Dies Integral aber geht, wenn man zu den ursprünglichen Variablen ϑ_1, φ_1 zurückgeht, in

18 a) $$M' = \frac{4}{3}\pi \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \sqrt{[a_1^2 - (a_1^2 - b_1^2)\cos^2\vartheta_1]^3}\, \sin\vartheta_1\, d\vartheta_1$$

über, d. h. die Gesamtmasse, die in einfacher Belegung auf der Kreisfläche ausgebreitet ist, ist gleich der räumlichen Masse innerhalb des gegebenen Ovaloids 1).

Resultat. Man kann die Wirkung der von der Fläche 1) begrenzten homogenen Masse auf äufsere Punkte dadurch er-

setzen, dafs man die ganze Masse mit der durch 17) bestimmten Dichtigkeit auf der Fläche des mit dem Radius $\varrho = \frac{1}{2}\sqrt{a^2{}_1 - b_1{}^2}$ in der $y_1 z_1$-Ebene um den Anfangspunkt beschriebenen Kreises ausbreitet und dazu eine gewisse neue Art von Doppelbelegung derselben Kreisfläche hinzufügt.

An Stelle der beiden Punkte π_1, π_2, deren Anziehung bei dem ebenen Problem in Frage kam (S. 8), tritt hier die Fläche des Kreises, dessen Umfang bei der Rotation um die x_1-Achse von π_1 und π_2 beschrieben wird. Diese Kreisfläche trägt sowohl eine einfache Belegung von nicht konstanter Dichtigkeit, als auch eine gewisse Art von Doppelbelegung.

Zweite Deutung des Resultats. Auf Grund von 15a) hat man, wenn man noch an Stelle von u als Integrationsvariable $\varrho = \beta \sin u$ einführt:

$$19) \qquad V = \frac{2}{3}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\beta} f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2 - \varrho^2}\right) \frac{d\varrho}{\sqrt{\beta^2 - \varrho^2}} \frac{\partial \frac{\varrho}{E}}{\partial \varrho}.$$

Unter dem Integral füge man das Glied

$$\frac{\partial \frac{\varrho}{E_0}}{\partial \varrho} = \frac{1}{E_0}$$

positiv und negativ hinzu, wo

$$E_0 = \sqrt{r^2 + \beta^2 - 2r\beta\cos\gamma}$$

der Abstand des Aufpunktes von einem Punkte der Peripherie der betrachteten Kreisfläche ist. Dann geht, da E_0 von ϱ unabhängig ist, 19) über in

$$20) \qquad V = \frac{2}{3}\int_0^{2\pi} \frac{d\varphi_1}{E_0} \int_0^{\beta} f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2 - \varrho^2}\right) \frac{d\varrho}{\sqrt{\beta^2 - \varrho^2}}$$
$$+ \frac{2}{3}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\beta} f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2 - \varrho^2}\right) \frac{d\varrho}{\sqrt{\beta^2 - \varrho^2}} \frac{\partial}{\partial \varrho}\left(\frac{\varrho}{E} - \frac{\varrho}{E_0}\right).$$

In dem ersten Summanden von 20) ist

$$\int_0^{\beta} f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2 - \varrho^2}\right) \frac{d\varrho}{\sqrt{\beta^2 - \varrho^2}} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} du\, f(\cos u) = \frac{3}{4\pi} M,$$

wenn M die gegebene, von der Ovalfläche 1) begrenzte anziehende Masse ist. Der erste Summand von 10) wird daher

$$21) \qquad \frac{M}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{d\varphi_1}{E_0};$$

er stellt das Potential der Peripherie unserer Kreisfläche dar, wenn man auf ihr die Masse M gleichmäfsig verteilt.

Integriert man im zweiten Summanden teilweise nach ϱ, so verschwindet das von der Integration freie Glied, und der zweite Summand wird

$$22) \qquad -\frac{2}{3}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\beta} \frac{d\left[\frac{1}{\sqrt{\beta^2-\varrho^2}}\, f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2-\varrho^2}\right)\right]}{d\varrho}\, \varrho\, d\varrho \left(\frac{1}{E}-\frac{1}{E_0}\right),$$

und das ist die Differenz zweier Potentiale, nämlich 1. des Potentials derselben Kreisperipherie, wie oben, wenn auf ihr die Masse

$$23) \qquad M'' = \frac{4}{3}\pi \int_0^{\beta} \frac{d\left[\frac{1}{\sqrt{\beta^2-\varrho^2}}\, f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2-\varrho^2}\right)\right]}{d\varrho}\, \varrho\, d\varrho$$

gleichförmig verteilt wird, 2. des Potentials der Kreisfläche, wenn auf ihr die Masse $-M''$ mit der Dichtigkeit

$$-\frac{2}{3}\frac{d\left[\frac{1}{\sqrt{\beta^2-\varrho^2}}\, f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2-\varrho^2}\right)\right]}{d\varrho}$$

verteilt ist.

Aber diese ganze Reduktion erregt Bedenken. Denn die Masse M'' (Gl. 23) wird unendlich grofs. In dem Integral 22) macht das nichts aus. Denn wird auch der erste Faktor der zu integrierenden Funktion für $\varrho = \beta$ unendlich wie $(\beta^2-\varrho^2)^{-\frac{3}{2}}$, so wird doch

$$\left(\frac{1}{E}-\frac{1}{E_0}\right)(\beta^2-\varrho^2)^{-\frac{3}{2}}$$

$= (\beta^2-\varrho^2)^{-\frac{1}{2}}$, multipliziert mit einem Faktor, der für $\varrho = \beta$ endlich bleibt, so dafs das Integral 22) endlich ist. Aber wenn sich danach auch die Wirkung der unendlichen Massen aufhebt, mufs man bei der Deutung doch mit unendlich grofsen Massen operieren, und das erregt Bedenken.

Ich gebe weiter noch eine dritte Deutung des Resultats. In 19) führe ich die Differentiation von $\varrho \cdot \frac{1}{E}$ aus, wodurch 19) in die Summe zweier Integrale zerfällt. In dem zweiten betrachte ich den Faktor $\frac{1}{\sqrt{\beta^2-\varrho^2}} f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2-\varrho^2}\right)$ als Differentialquotient und setze

$$24) \qquad \int f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2-\varrho^2}\right)\frac{d\varrho}{\sqrt{\beta^2-\varrho^2}} = F(\varrho).$$

[Übrigens hat $F(\varrho)$ den Wert

$$24\,a) \quad F(\varrho) = \frac{1}{2}\sqrt{1-\cos u}\,\sqrt{(\alpha^2+\beta^2\cos u)^3} + \frac{3}{2}\,\frac{\alpha^2+\beta^2}{2}\sqrt{1-\cos u}\,\sqrt{\alpha^2+\beta^2\cos u} + \frac{3}{4}\,\frac{(\alpha^2+\beta^2)^2}{\beta}\arcsin\frac{\beta\sqrt{1-\cos u}}{\sqrt{\alpha^2+\beta^2}}$$
$$-\frac{1}{2}\sqrt{1+\cos u}\,\sqrt{(\alpha^2-\beta^2\cos u)^3} - \frac{3}{2}\,\frac{\alpha^2+\beta^2}{2}\sqrt{1+\cos u}\,\sqrt{\alpha^2-\beta^2\cos u} - \frac{3}{4}\,\frac{(\alpha^2+\beta^2)^2}{\beta}\arcsin\frac{\beta\sqrt{1+\cos u}}{\sqrt{\alpha^2+\beta^2}},$$

darin $\cos u = \frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2-\varrho^2}$ gesetzt.] Durch teilweise Integration ergibt sich dann, da $F(\beta) = 0$ ist,

$$25) \qquad V = \frac{2}{3}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\beta} f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2-\varrho^2}\right)\frac{d\varrho}{\sqrt{\beta^2-\varrho^2}}\,\frac{1}{E} - \frac{2}{3}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\beta} F(\varrho)\,\frac{\partial\varrho\,\dfrac{\partial\frac{1}{E}}{\partial\varrho}}{\partial\varrho}\,d\varrho.$$

Neben E, dem Abstand des Aufpunktes von einem Punkte unserer Kreisfläche führe ich den Abstand E_1 des Aufpunktes von dem Punkte mit den Koordinaten x_1, $\varrho\cos\varphi_1$, $\varrho\sin\varphi_1$ ein:

$$26) \qquad E_1^2 = r^2 + x_1^2 + \varrho^2 - 2r\cos\vartheta\, x_1 - 2r\varrho\cos\gamma',$$

so ist

$$\frac{\partial\varrho\,\dfrac{\partial\frac{1}{E_1}}{\partial\varrho}}{\partial\varrho} = -\varrho\left\{\frac{\partial^2\frac{1}{E_1}}{\partial x_1^2} + \frac{1}{\varrho^2}\,\frac{\partial^2\frac{1}{E_1}}{\partial\varphi_1^2}\right\}.$$

Für $x_1 = 0$ geht E_1 in E über, so daſs

$$-\frac{\partial\varrho\,\dfrac{\partial\frac{1}{E}}{\partial\varrho}}{\partial\varrho} = \varrho\left[\frac{\partial^2\frac{1}{E_1}}{\partial x_1^2} + \frac{1}{\varrho^2}\,\frac{\partial^2\frac{1}{E_1}}{\partial\varphi_1^2}\right]_{x_1=0}$$

wird. Ferner ist

$$\int_0^{2\pi} \frac{\partial^2 \frac{1}{E_1}}{\partial \varphi_1^2} d\varphi_1 = 0,$$

so dafs der zweite Summand der rechten Seite von 25) die Form annimmt:

$$27) \qquad + \frac{2}{3} \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\beta} F(\varrho) \left(\frac{\partial^2 \frac{1}{E_1}}{\partial x_1^2} \right)_{x_1 = 0} \varrho \, d\varrho.$$

Stände in 27) die erste Ableitung von E_1 nach x_1 an Stelle der zweiten, so würde 27) das Potential einer Doppelbelegung (im gewöhnlichen Sinne) der Kreisfläche mit dem Radius β darstellen. Eine ähnliche Deutung läfst auch der die zweite Ableitung enthaltende Ausdruck 27) zu, wenn man den Begriff der Doppelbelegung erweitert. Man denke sich die Kreisfläche β der $y_1 z_1$-Ebene mit Masse von der Dichtigkeit $-2m\frac{2}{3}F(\varrho)$ belegt, nehme dazu zwei kongruente Kreise zu beiden Seiten der $y_1 z_1$-Ebene, beide im Abstande x_1 von dieser (die Mittelpunkte beider liegen auf der x_1-Achse), und belege jeden dieser beiden Kreise mit Masse von der Dichtigkeit $+m\frac{2}{3}F(\varrho)$. Die Potentiale der drei Kreise seien resp. W_0, W_1, W_2. Dann ist, wenn m von ϱ unabhängig ist,

$$28) \qquad W_0 + W_1 + W_2 = \frac{2}{3} m \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\beta} F(\varrho) \left\{ \frac{1}{E_1} - \frac{2}{E} + \frac{1}{E_2} \right\} d\varrho,$$

und zwar ist darin E_1 der Ausdruck 26), E_2 entsteht aus E_1 durch Vertauschung von x_1 mit $-x_1$, E ist der Wert von E_1 für $x_1 = 0$, wie oben. Nun ist

$$\lim_{x_1 = 0} \frac{\frac{1}{E_1} - \frac{2}{E} + \frac{1}{E_2}}{x_1^2} = \left(\frac{\partial^2 \frac{1}{E_1}}{\partial x_1^2} \right)_{x_1 = 0}.$$

Läfst man daher mit abnehmendem x_1 den Faktor m derart wachsen, dafs

$$\lim_{x_1 = 0} (x_1^2 m) = 1$$

wird, so sieht man, dafs

$$\lim_{x_1 = 0} (W_0 + W_1 + W_2)$$

in den Ausdruck 27) übergeht. Dieser Ausdruck stellt also das Potential

der eben definierten dreifachen Belegung der Kreisfläche β dar. Die Gröfse

29) $$\mu = \frac{2}{3} F(\varrho)$$

soll das Moment dieser dreifachen Belegung heifsen. Der erste Summand von 25) ist das Potential einer einfachen Belegung unserer Kreisfläche mit Masse von der Dichtigkeit

30) $$k = \frac{2}{3} \frac{1}{\varrho \sqrt{\beta^2 - \varrho^2}} f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2 - \varrho^2}\right),$$

und die gesamte auf der Kreisfläche einfach ausgebreitete Masse ist, wie aus dem früheren folgt, gleich der gegebenen anziehenden räumlichen Masse.

Resultat. Man kann die Wirkung der von der Fläche 1) begrenzten homogenen Masse auf äufsere Punkte dadurch ersetzen, dafs man a) die ganze Masse auf der Kreisfläche β der $y_1 z_1$-Ebene mit der Dichtigkeit k (Gl. 30) verteilt und aufserdem die Kreisfläche dreifach mit Masse belegt von dem Moment 29).

Zusatz 1. Für den Grenzfall $a = \infty$, d. h. wenn das verlängerte Rotationsellipsoid in einen Rotationszylinder entartet, wird $b_1 = 0$, daher $\alpha = \beta = \frac{1}{2} a_1$. Das Ovaloid 1) geht dann in die Ringfläche

1') $$(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2)^2 = 4\beta^2 (y_1^2 + z_1^2)$$

über, die durch Rotation des Kreises vom Radius β um eine seiner Tangenten entsteht. Auch auf diese Ringfläche sind unsere Resultate anwendbar, und zwar wird hier

8') $$f(\cos u) = 2\beta^3 (1 + \cos^2 u), \text{ d. i. } f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2 - \varrho^2}\right) = 2\beta (2\beta^2 - \varrho^2).$$

Die Gleichung 20) nimmt für die Ringfläche, wenn man für die beiden Summanden der rechten Seite noch die Ausdrücke 21) und 22) setzt, die Form an:

20') $$V = \frac{M}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{d\varphi_1}{E_0} - \frac{4\beta}{3} \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\beta} \frac{\varrho^4}{\sqrt{(\beta^2 - \varrho^2)^3}} \left(\frac{1}{E} - \frac{1}{E_0}\right) d\varrho,$$

wo, wie oben, E den Abstand des Aufpunktes von einem Punkte der Kreisfläche mit dem Radius β bezeichnet, E_0 seinen Abstand von einem Punkte der Peripherie. Die in Gleichung 20') enthaltene Reduktion des Potentials der von der Ringfläche 1') begrenzten Masse deckt sich mit der zuerst von

Bruns[1]) gefundenen Reduktion. Bruns behandelt die allgemeine Ringfläche, die durch Rotation eines Kreises um eine beliebige in seiner Ebene liegende Achse entsteht. Setzt man in der Formel von Bruns $a = b = \beta$ und macht zugleich in 20') $\vartheta = 0$, also $\cos\gamma' = 0$ (d. h. nimmt man an, dafs der angezogene Punkt auf der Rotationsachse liegt), so wird 20') mit der Formel von Bruns identisch. Aber diese Reduktion erregt, wie schon oben bemerkt ist, das Bedenken, dafs man mit unendlichen Massen operieren mufs, ein Bedenken, das auch die allgemeinere Formel von Bruns trifft. Wendet man statt der zweiten Deutung, zu der Gl. 20) gehört, auf die Ringfläche 1') die erste oder dritte Deutung an, so fällt dies Bedenken fort. Es sind damit für den speziellen Fall der Ringfläche 1') der Brunsschen Reduktion zwei andere an die Seite gestellt.

Zusatz 2. Man kann den in diesem Abschnitt abgeleiteten Resultaten noch eine etwas andere Form geben. Setzt man

$$\frac{\sqrt{1-\cos u}}{\sqrt{\alpha^2+\beta^2\cos u}} = f_1(\varrho),\quad \frac{\sqrt{1-\cos u}}{\sqrt{\alpha^2-\beta^2\cos u}} = f_2(\varrho),\quad \varrho = \beta\sin u,$$

so kann man die Funktion $f(\cos u)$ [Gl. 8) S. 31] so zerlegen:

$$f(\cos u) = \alpha^4(f_1+f_1) + 2\alpha^2\beta(f_1-f_2)\sqrt{\beta^2-\varrho^2} + \beta^2(f_1+f_2)(\beta^2-\varrho^2).$$

Dadurch geht Gleichung 19) in folgende über:

$$19\,a)\quad V = \frac{2}{3}\alpha^4\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\beta} \frac{f_1+f_2}{\sqrt{\beta^2-\varrho^2}}\frac{\partial\frac{\varrho}{E}}{\partial\varrho}d\varrho + \frac{2}{3}\int_0^{2\pi} d\varphi_1\int_0^{\beta}\left[2\alpha^2\beta(f_1-f_2)+\beta^2(f_1+f_2)\sqrt{\beta^2-\varrho^2}\right]\frac{\partial\frac{\varrho}{E}}{\partial\varrho}d\varrho.$$

Im zweiten Summanden rechts kann man teilweise integrieren, so ergibt dieser zweite Summand, da der in Klammern stehende Ausdruck für $\varrho = \beta$ verschwindet, das Potential einer gewissen einfachen Belegung unserer Kreisfläche. Auf den ersten Summanden von 19 a), in dem man auch

$$\frac{\partial\frac{\varrho}{E}}{\partial\varrho} = \frac{\partial\frac{\beta}{E}}{\partial\beta}$$

setzen kann, kann man die obigen drei Deutungen anwenden. Das hat den Vorteil, dafs man statt der Funktion $f(\cos u)$ mit den einfacheren Funktionen f_1 und f_2 zu operieren hat.

[1]) Vgl. die S. 4 zitierte Dissertation.

V. Allgemeiner Ansatz und Anwendung auf die Kugel sowie auf Rotationsellipsoide mit kleiner Exzentrizität.

a)

Soll die Fläche, die aus einem Rotationsellipsoid durch Transformation mittels reziproker Radien entsteht, eine Rotationsfläche sein, so muſs das Transformationszentrum auf der Rotationsachse liegen. Zur Rotationsachse wollen wir, wie schon bisher, die X-Achse nehmen, und den Abstand des Transformationszentrums, das auf der positiven Seite der X-Achse liegen möge, mit x_0 bezeichnen; x_0 ist, damit das Transformationszentrum ein innerer Punkt, kleiner als die halbe Rotationsachse. Ist das Grundellipsoid ein verlängertes Rotationsellipsoid

1) $$\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2 + Z^2}{b^2} = 1 \quad (a > b),$$

so hat die durch Transformation entstehende Fläche die Gleichung

2) $$\left\{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 - \frac{R^2 x_0}{a^2 - x_0^2} x_1\right\}^2 = \frac{R^4 a^2}{(a^2 - x_0^2)^2} x_1^2 + \frac{R^4 a^2}{(a^2 - x_0^2) b^2} (y_1^2 + z_1^2).$$

Dabei liegt der Anfangspunkt des Koordinatensystems x_1, y_1, z_1 im Transformationszentrum. R ist der Radius der Transformationskugel. Führt man statt der rechtwinkligen Polarkoordinaten ein und bezeichnet mit $\bar{r}_1$ den Radius nach einem Punkte der Fläche 2), während r_1 den Radius eines inneren Punktes bezeichnen soll, so wird die Flächengleichung

3) $$\bar{r}_1 = C\left[\gamma \cos \vartheta_1 + \sqrt{1 + \beta^2 \cos^2 \vartheta_1}\right],$$

worin

4) $$C = \frac{R^2 a}{b\sqrt{a^2 - x_0^2}}, \quad \beta^2 = \frac{x_0^2 - (a^2 - b^2)}{a^2 - x_0^2}, \quad \gamma = \frac{b x_0}{a\sqrt{a^2 - x_0^2}} = \sqrt{\beta^2 + \frac{a^2 - b^2}{a^2}}$$

ist. Dabei ist $x_0 > \sqrt{a^2 - b^2}$ angenommen. Ist $x_0 < \sqrt{a^2 - b^2}$, so ist β^2 negativ

4') $$\beta^2 = -\beta'^2, \quad \beta'^2 = \frac{a^2 - b^2 - x_0^2}{a^2 - x_0^2}.$$

Ist dagegen das Ausgangsellipsoid ein abgeplattetes Rotationsellipsoid

1 a) $$\frac{X^2}{b^2} + \frac{Y^2 + Z^2}{a^2} = 1 \quad (a > b),$$

so ist die durch Transformation entstehende Fläche

2a) $$\left\{x_1^2+y_1^2+z_1^2-\frac{R^2 x_0}{b^2-x_0^2}x_1\right\}^2=\frac{R^4 b^2}{(b^2-x_0^2)^2}x_1^2+\frac{R^4 b^2}{a^2(b^2-x_0^2)}(y_1^2+z_1^2),$$

in Polarkoordinaten

3a) $$\overline{r_1}=C_1\left[\gamma_1\cos\vartheta_1+\sqrt{1+\beta_1^2\cos^2\vartheta_1}\right],$$

wo

4a) $$C_1=\frac{R^2 b}{a\sqrt{b^2-x_0^2}},\quad \beta_1^2=\frac{x_0^2+a^2-b^2}{b^2-x_0^2},\quad \gamma_1=\frac{a x_0}{b\sqrt{b^2-x_0^2}}=\sqrt{\beta_1^2-\frac{a^2-b^2}{b^2}}$$

ist.

Das Potential der von einer der Flächen 2) oder 2a) begrenzten homogenen Masse von der Dichtigkeit 1 kann, falls der Abstand r des Aufpunktes vom Anfangspunkt gröfser ist als der gröfste Wert von $\overline{r_1}$, ebenso wie S. 12 entwickelt und in die Form gebracht werden

5) $$V=2\pi\sum_{n=0}^{\infty}\frac{P_n(\cos\vartheta)}{r^{n+1}}J_n,$$

worin

5a) $$J_n=\frac{1}{n+3}\int_0^{\pi}\overline{r_1}^{\,n+3}P_n(\cos\vartheta_1)\sin\vartheta_1\,d\vartheta_1$$

ist.

b)

Für den Fall, dafs das Ausgangsellipsoid eine Kugel ist, wird

4b) $$a=b,\quad C=C_1=\frac{R^2}{\sqrt{a^2-x_0^2}},\quad \beta=\beta_1=\gamma=\gamma_1=\frac{x_0}{\sqrt{a^2-x_0^2}}$$

und

5b) $$J_n=\frac{C^{n+3}}{n+3}\int_{-1}^{+1}\left[\beta\mu+\sqrt{1+\beta^2\mu^2}\right]^{n+3}P_n(\mu)\,d\mu,$$

wenn $\mu=\cos\vartheta_1$ an Stelle von ϑ_1 als Integrationsveränderliche eingeführt wird.

Andererseits entsteht aus der Kugel durch Transformation mittels reziproker Radien bekanntlich wieder eine Kugel, die Gleichungen 2), 2a) gehen dann über in

2b) $$(x_1^2+y_1^2+z_1^2)(x_1^2+y_1^2+z_1^2-2C\beta x_1-C^2)=0$$

oder

2c) $$x_1^2+y_1^2+z_1^2-2C\beta x_1=C^2.$$

Das Potential der von der Kugel 2c) begrenzten homogenen Masse (Dichtigkeit 1) ist aber

5') $$V = \frac{4}{3}\pi C^3 (\sqrt{1+\beta^2})^3 \cdot \frac{1}{E},$$

wo E den Abstand des Aufpunktes (r, ϑ, φ) von dem Mittelpunkte der Kugel bezeichnet. E ist also durch die Gleichung bestimmt

$$E^2 = r^2 + C^2\beta^2 - 2rC\beta\cos\vartheta.$$

Entwickelt man $1/E$ unter der Voraussetzung $r > C\beta$, so wird das Potential der Kugel

5'') $$V = \frac{4}{3}\pi C^3 (\sqrt{1+\beta^2})^3 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{C^n \beta^n P_n(\cos\vartheta)}{r^{n+1}}.$$

Andererseits ist V auch durch die Gleichung 5) dargestellt, falls man darin für J_n den Ausdruck 5b) setzt. In beiden Ausdrücken müssen die Koeffizienten der einzelnen Potenzen von $1/r$ übereinstimmen, d. h. es mufs sein:

6) $$\frac{1}{n-3}\int_{-1}^{+1} [\beta\mu + \sqrt{1+\beta^2\mu^2}]^{n+3} P_n(\mu)\, d\mu = \frac{2}{3}\beta^n (1+\beta^2)^{\frac{3}{2}};$$

und diese Gleichung ist für beliebige reelle Werte von β gültig. Setzt man in 6)

7) $$\frac{\beta}{\sqrt{1+\beta^2}} = \alpha,$$

so nimmt 6) die Form an

8) $$\frac{1}{n+3}\int_{-1}^{+1} [\alpha\mu + \sqrt{1-\alpha^2(1-\mu^2)}]^{n+3} P_n(\mu)\, d\mu = \frac{2}{3}\alpha^n \quad (\alpha^2 \leqq 1).$$

Somit hat das Verfahren, das ich zur Ableitung des Potentials von Massen benutzt habe, die von gewissen Ovalflächen begrenzt werden, in seiner Anwendung auf die Kugel auf die bemerkenswerten Relationen 6), resp. 8) geführt. Dafs man die Gleichung 6) auch direkt herleiten kann, habe ich kürzlich im Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, Bd. 23, S. 386 ff. gezeigt, und zwar habe ich dort zwei verschiedene Beweise für 6) mitgeteilt.

c)

Ich leite im Anschluſs an 6) noch eine analoge Formel her, die im folgenden Anwendung finden wird. Es handelt sich darum, den Wert des Integrals

$$9) \qquad J'_n = \int_{-1}^{+1} [\beta\mu + \sqrt{1+\beta^2\mu^2}]^{n+1} P_n(\mu)\, d\mu$$

zu finden. Dazu benutze ich die bekannte Beziehung

$$10) \qquad P_n(\mu) = \frac{1}{n+1}\frac{d}{d\mu}[\mu P_n(\mu) - P_{n-1}(\mu)].$$

Setzt man 10) in 9) ein und integriert teilweise, so ergibt sich

$$11) \qquad J'_n = -\int_{-1}^{+1} [\beta\mu + \sqrt{1+\beta^2\mu^2}]^{n+1} [\mu P_n(\mu) - P_{n-1}(\mu)] \frac{\beta}{\sqrt{1+\beta^2\mu^2}}\, d\mu.$$

Ferner ist

$$\frac{\partial J'_n}{\partial \beta} = (n+1)\int_{-1}^{+1} [\beta\mu + \sqrt{1+\beta^2\mu^2}]^{n+1} P_n(\mu) \frac{\mu\, d\mu}{\sqrt{1+\beta^2\mu^2}}.$$

Daher kann 11) so geschrieben werden:

$$11\,a) \qquad J'_n + \frac{\beta}{n+1}\frac{\partial J'_n}{\partial \beta} = \beta\int_{-1}^{+1} [\beta\mu + \sqrt{1+\beta^2\mu^2}]^n P_{n-1}(\mu)\, d\mu$$

$$+ \beta^2\int_{-1}^{+1} [\beta\mu + \sqrt{1+\beta^2\mu^2}]^n P_{n-1}(\mu) \frac{\mu\, d\mu}{\sqrt{1+\beta^2\mu^2}} = \beta J'_{n-1} + \frac{\beta^2}{n}\frac{\partial J'_{n-1}}{\partial \beta},$$

worin J'_{n-1} das Integral bezeichnet, in das das Integral 9) durch Vertauschung von n mit $n-1$ übergeht. Multipliziert man 11 a) mit β^n, so erhält man:

$$12) \qquad \frac{\partial \frac{\beta^{n+1} J'_n}{n+1}}{\partial \beta} = \beta^2 \frac{\partial \frac{\beta^n J'_{n-1}}{n}}{\partial \beta}.$$

Damit ist eine Rekursionsformel für J'_n gefunden, aus der

$$\frac{\partial \frac{\beta^{n+1} J'_n}{n+1}}{\partial \beta} = \beta^{2n}\frac{\partial (\beta J'_0)}{\partial \beta}$$

und weiter

12a) $$\frac{\beta^{n+1} J'_n}{n+1} = \beta^{2n+1} J'_0 - 2n \int_0^\beta \beta^{2n} J'_0 \, d\beta$$

folgt. Ferner ist

$$J'_0 = \int_{-1}^{+1} [\beta\mu + \sqrt{1+\beta^2\mu^2}] \, d\mu = 2 \int_0^1 \sqrt{1+\beta^2\mu^2} \, d\mu$$

und

13) $$\int_0^\beta \beta^{2n} J'_0 \, d\beta = 2 \int_0^\beta \lambda^{2n} d\lambda \int_0^1 d\mu \sqrt{1+\lambda^2\mu^2} = 2\beta^{2n+1} \int_0^1 u^{2n} \, du \int_0^1 \sqrt{1+\beta^2 u^2 \mu^2} \, d\mu.$$

Wird in dem inneren Integral $u\mu = v$ gesetzt, so wird die rechte Seite der letzten Gleichung

13a) $$2\beta^{2n+1} \int_0^1 u^{2n-1} \, du \int_0^u \sqrt{1+\beta^2 v^2} \, dv = 2\beta^{2n+1} \int_0^1 \sqrt{1+\beta^2 v^2} \, dv \int_v^1 u^{2n-1} \, du$$

$$= \frac{2\beta^{2n+1}}{2n} \int_0^1 (1-v^{2n}) \sqrt{1+\beta^2 v^2} \, dv = \frac{\beta^{2n+1}}{2n} \left[J'_0 - 2 \int_0^1 v^{2n} \sqrt{1+\beta^2 v^2} \, dv \right].$$

Vermöge 13) und 13a) geht 12a) in folgende Gleichung über:

14) $$J'_n = 2(n+1)\beta^n \int_0^1 v^{2n} \sqrt{1+\beta^2 v^2} \, dv$$

und nach einer einfachen Reduktion in

14a) $$J'_n = \beta^n \sqrt{1+\beta^2} + \beta^n \int_0^1 \frac{v^{2n} \, dv}{\sqrt{1+\beta^2 v^2}}.$$

Zusatz. Die Gleichung 14) läfst sich folgendermafsen erweitern. Das Integral

$$J_n^{(k)} = \int_{-1}^{+1} [\beta\mu + \sqrt{1+\beta^2\mu^2}]^{n+3-2k} P_n(\mu) \, d\mu,$$

in dem $n+3-2k > 0$, hat den Wert

$$J_n^{(k)} = c_k \beta^n \int_0^1 \frac{v^{2n+2-2k}(1-v^2)^{k-1}\,dv}{(\sqrt{1+\beta^2 v^2})^{2k-3}}.$$

Die Konstante c_k hat für $k = 1$ den Wert $2(n+1)$, wie oben gezeigt ist. Für $k = 2$ ist $c_k = n-1$, und für $k > 2$ ist

$$c_k = (-1)^k \frac{n+3-2k}{k-1} \cdot \frac{1 \cdot 3 \cdots (2k-5)}{2 \cdot 4 \cdots (2k-4)}.$$

Da diese Erweiterung im folgenden nicht gebraucht wird, übergehe ich hier den Beweis der Formel und begnüge mich mit der Mitteilung des Resultats.

d)

Ich gehe nun zu dem Fall über, dafs das Ausgangsellipsoid ein Rotationsellipsoid mit sehr kleiner Exzentrizität ist. Dann sind in 4) β und γ, in 4a) β_1 und γ_1 sehr wenig verschieden. Wird daher

15) $$\frac{\gamma-\beta}{\gamma+\beta} = \delta, \qquad 15\,a) \qquad \frac{\beta_1-\gamma_1}{\beta_1+\gamma_1} = \delta_1$$

gesetzt, so können δ, resp. δ_1 als kleine Gröfsen betrachtet werden, von denen nur die ersten Potenzen zu berücksichtigen sind. Weiter werde noch zur Abkürzung

16) $$\beta\mu + \sqrt{1+\beta^2\mu^2} = r_0,$$

gesetzt, so wird

16a) $$-\beta\mu + \sqrt{1+\beta^2\mu^2} = \frac{1}{r_0}.$$

Die Flächengleichungen 3), 3a) werden, wenn man γ durch β und δ, resp. γ_1 durch β_1 und δ_1 ausdrückt und, wie oben,

$$\cos\vartheta_1 = \mu$$

setzt:

17) $$\overline{r_1} = \frac{C}{1-\delta}\left[r_0 - \frac{\delta}{r_0}\right],$$

resp.

17a) $$\overline{r_1} = \frac{C_1}{1+\delta_1}\left[r_0 + \frac{\delta_1}{r_0}\right],$$

und das Integral 5a) wird für die Fläche 3) oder 17):

18) $$J_n = \left(\frac{C}{1-\delta}\right)^{n+3} \frac{1}{n+3} \int_{-1}^{+1} \left[r_0 - \frac{\delta}{r_0}\right]^{n+3} P_n(\mu)\, d\mu$$

$$= \left(\frac{C}{1-\delta}\right)^{n+3} \left\{\frac{1}{n+3} \int_{-1}^{+1} r_0^{\,n+3} P_n(\mu)\, d\mu - \delta \int_{-1}^{+1} r_0^{\,n+1} P_n(\mu)\, d\mu\right\}.$$

Um den entsprechenden Ausdruck für die Fläche 3 a) oder 17 a) zu erhalten, sind nur die Buchstaben C, β, δ, resp. mit C_1, β_1, $-\delta_1$ zu vertauschen. Das erste der Integrale der rechten Seite von 18) ist das bei der Kugel auftretende Integral, dessen Wert durch 6) gegeben ist, das zweite Integral in 18) aber ist das in Nr. c) dieses Abschnittes entwickelte Integral J_n'. Somit wird

19) $$J_n = \left(\frac{C}{1-\delta}\right)^{n+3} \beta^n \left\{\frac{2}{3}(1+\beta^2)^{\frac{3}{2}} - \delta\left[(1+\beta^2)^{\frac{1}{2}} + \int_0^1 \frac{v^{2n}\, dv}{\sqrt{1+\beta^2 v^2}}\right]\right\}$$

und

20) $$V = 2\pi\left(\frac{C}{1-\delta}\right)^3 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{P_n(\cos\vartheta)\left(\frac{C\beta}{1-\delta}\right)^n}{r^{n+1}} \left[\frac{2}{3}(1+\beta^2)^{\frac{3}{2}} - \delta\,(1+\beta^2)^{\frac{1}{2}} - \delta \int_0^{+1} \frac{v^{2n}\, dv}{\sqrt{1+\beta^2 v^2}}\right].$$

Die Summation in 20) kann man, wenn man die Summe der Integrale durch das Integral der Summe ersetzt, ausführen. Ferner ist bei unserer Näherung

$$\frac{2}{3}(1+\beta^2)^{\frac{3}{2}} - \delta\,(1+\beta^2)^{\frac{1}{2}} = \frac{2}{3}(1+\beta^2-\delta)^{\frac{3}{2}}.$$

Wird endlich noch zur Abkürzung

21) $$\frac{C\beta}{1-\delta} = \frac{C(\gamma+\beta)}{2} = D$$

gesetzt, so nimmt 20) die Form an:

22) $$V = \frac{2\pi\left(\frac{D}{\beta}\right)^3 (1+\beta^2-\delta)^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{r^2+D^2-2rD\cos\vartheta}} - 2\pi\left(\frac{D}{\beta}\right)^3 \delta \int_0^1 \frac{dv}{\sqrt{1+\beta^2 v^2}} \frac{1}{\sqrt{r^2+D^2v^4-2rDv^2\cos\vartheta}}.$$

Der erste Summand der rechten Seite von 22) ist das Potential eines Massenpunktes, nämlich des Punktes Q_1 der auf der positiven Seite der Rotationsachse im Abstande $D = \frac{1}{2}C(\beta+\gamma)$ vom Transformationszentrum liegt, und in dem die Masse

23) $$M' = 2\pi \left(\frac{D}{\beta}\right)^3 (1 + \beta^2 - \delta)^{\frac{3}{2}}$$

konzentriert ist. Zur Deutung des zweiten Summanden von 22) setze man

$$D v^2 = t,$$

so sieht man, dafs dieser Summand das Potential der von $t = 0$ bis $t = D$ reichenden Strecke der Rotationsachse (d. h. der Strecke, die den Punkt Q_1 mit dem Transformationszentrum verbindet) ist, falls diese Strecke mit Masse von der Dichtigkeit

24) $$k = \frac{-\pi \left(\frac{D}{\beta}\right)^3 \delta}{\sqrt{t\,(D + \beta^2 t)}}$$

belegt ist.

Resultat. Für den Fall, dafs die Exzentrizität des Ausgangsellipsoids sehr klein ist, kann man die Anziehung der homogenen, von der Ovalfläche 3) begrenzten Masse ersetzen durch die Anziehung eines Massenpunktes, der auf der positiven Seite der Rotationsachse im Abstand $\frac{1}{2} C(\gamma + \beta)$ vom Transformationszentrum liegt, und dessen Masse durch 23) gegeben ist, und die Anziehung einer vom Transformationszentrum bis zu jenem Massenpunkte reichenden Linie, letztere mit Masse von der Dichtigkeit 24) belegt gedacht. Die Summe der in dem Punkte konzentrierten und der auf der Linie ausgebreiteten Masse ist gleich der gegebenen, von der Ovalfläche 3) begrenzten Masse.

Für die von der Ovalfläche 3a) begrenzte Masse gilt dasselbe Resultat, nur sind, wie schon oben bemerkt, die Gröfsen C, β, δ durch C_1, β_1, $-\delta_1$ zu ersetzen.

VI. Das Ausgangsellipsoid ist ein verlängertes Rotationsellipsoid, das Transformationszentrum liegt dem Brennpunkt sehr nahe.

Liegt das Transformationszentrum dem Brennpunkt des verlängerten Rotationsellipsoids sehr nahe, und setzt man

1) $$x_0 = \sqrt{a^2 - b^2}\,(1 + \varepsilon),$$

so kann man ε als eine kleine Gröfse ansehen, von der nur die ersten Potenzen zu berücksichtigen sind; und zwar kann ε positiv oder negativ

sein, je nachdem x_0 oder $\sqrt{a^2-b^2}$ gröfser ist. Führt man ferner, wie in Abschnitt II (S. 11) die Bezeichnungen ein

2) $$\frac{R^2 a}{b^2} = A, \quad \frac{R^2\sqrt{a^2-b^2}}{b^2} = B,$$

so werden bei unserer Näherung die in 4) S. 41 definierten Gröfsen

3) $$\beta^2 = \frac{2\varepsilon B^2}{A^2-B^2}, \quad C = A\left(1+\frac{B^2}{A^2-B^2}\varepsilon\right), \quad C\gamma = B\left(1+\frac{A^2+B^2}{A^2-B^2}\varepsilon\right),$$

und die Flächengleichung unserer Ovalfläche wird, wenn wieder $\cos\vartheta_1 = \mu$ gesetzt wird,

4) $$r_1 = (A+B\mu)\left\{1+\frac{\varepsilon B}{A^2-B^2}(B+A\mu)\right\},$$

wofür man auch schreiben kann

4a) $$\bar{r} = (A+B\mu)(1-\varepsilon)\left[1+\frac{\varepsilon A(A+B\mu)}{A^2-B^2}\right]$$

oder

4b) $$\bar{r} = (A_1+B_1\mu)\left[1+\frac{\varepsilon A_1(A_1+B_1\mu)}{A_1{}^2-B_1{}^2}\right],$$

wo

4c) $$A_1 = A(1-\varepsilon), \quad B_1 = B(1-\varepsilon)$$

ist. Mithin hat hier in dem Ausdruck 5) S. 42 für V der Faktor J_n den Wert:

5) $$J_n = \frac{1}{n+3}\int_{-1}^{+1}(A_1+B_1\mu)^{n+3}P_n(\mu)\,d\mu + \frac{\varepsilon A_1}{A_1{}^2-B_1{}^2}\int_{-1}^{+1}(A_1+B_1\mu)^{n+4}P_n(\mu)\,d\mu.$$

Der erste Summand der rechten Seite von 5) ist in Abschnitt II entwickelt. Sein Wert ist nach 6a) S. 13

6) $$\frac{1}{n+3}\int_{-1}^{+1}(A_1+B_1\mu)^{n+3}P_n(\mu)\,d\mu = A_1B_1{}^n\left(B_1{}^2+\frac{2n+3}{3}A_1{}^2\right)\int_{-1}^{+1}\mu^{n+2}P_n(\mu)\,d\mu.$$

Zur Berechnung des zweiten Summanden wird neben der S. 13 abgeleiteten Hilfsformel 7), die in unserer Bezeichnung

7) $$(n+1)(n+2)\int_{-1}^{+1}\mu^n P_n(\mu)\,d\mu = 2(2n+3)\int_{-1}^{+1}\mu^{n+2}P_n(\mu)\,d\mu$$

lautet, noch die folgende gebraucht, die sich in derselben Weise wie 7) ergibt:

7 a) $$(n+3)(n+4)\int_{-1}^{+1}\mu^{n+2}P_n(\mu)\,d\mu = 4(2n+5)\int_{-1}^{+1}\mu^{n+4}P_n(\mu)\,d\mu.$$

Entwickelt man nun $(A_1+B_1\mu)^{n+4}$ nach dem binomischen Satze, multipliziert mit $P_n(\mu)$ und integriert nach μ zwischen den Grenzen -1 und $+1$, so verschwinden alle Integrale, in denen der Exponent von μ kleiner als n ist, ferner die, in denen μ die Exponenten $n+1$ und $n+3$ hat, so dafs

$$\int_{-1}^{+1}(A_1+B_1\mu)^{n+4}P_n(\mu)\,d\mu = B_1{}^{n+4}\int_{-1}^{+1}\mu^{n+4}P_n(\mu)\,d\mu + \frac{(n+4)(n+3)}{2}A_1{}^2B_1{}^{n+2}\int_{-1}^{+1}\mu^{n+2}P_n(\mu)\,d\mu$$
$$+\frac{(n+4)(n+3)(n+2)(n+1)}{4!}A_1{}^4B_1{}^n\int_{-1}^{+1}\mu^nP_n(\mu)\,d\mu$$

wird oder mit Benutzung der Hilfsformeln 7) und 7 a):

8) $$\int_{-1}^{+1}(A_1+B_1\mu)^{n+4}P_n(\mu)\,d\mu$$
$$=\left[B_1{}^{n+4}+2(2n+5)A_1{}^2B_1{}^{n+2}+\frac{(2n+3)(2n+5)}{3}A_1{}^4B_1{}^n\right]\int_{-1}^{+1}\mu^{n+4}P_n(\mu)\,d\mu,$$

und auf der rechten Seite von 8) wie von 6) können an Stelle der von -1 bis $+1$ erstreckten Integrale die doppelten Werte der von 0 bis 1 erstreckten genommen werden. Vermöge der Formeln 6) und 8) geht Gleichung 5) in folgende über:

9) $$J_n = 2A_1B_1{}^n\int_0^1\mu^{n+2}\left\{B_1{}^2+\frac{2n+3}{3}A_1{}^2\right.$$
$$\left.+\frac{\eta\mu^2}{2A_1{}^2}\left[B_1{}^4+2(2n+5)A_1{}^2B_1{}^2+\frac{(2n+3)(2n+5)}{3}A_1{}^4\right]\right\}P_n(\mu)\,d\mu,$$

falls zur Abkürzung

10) $$\frac{2\varepsilon A_1{}^2}{A_1{}^2-B_1{}^2} = \frac{2(x_0-\sqrt{a^2-b^2})}{\sqrt{a^2-b^2}}\cdot\frac{a^2}{b^2} = \eta$$

gesetzt wird. Da ferner

$$B_1^4 + 2(2n+5)A_1^2B_1^2 + \frac{(2n+3)(2n+5)}{3}A_1^4 = B_1^2[A_1^2 + B_1^2 + 2(n+3)A_1^2] + \frac{2n+3}{3}A_1^2[3B_1^2 - A_1^2 + 2(n+3)A_1^2]$$

ist, so wird in dem Integral der rechten Seite von 9) der in Klammern stehende Ausdruck

$$B_1^2\left[1+\eta\frac{A_1^2+B_1^2}{2A_1^2}\mu^2+\eta(n+3)\mu^2\right] + \frac{2n+3}{3}A_1^2\left[1+\eta\frac{3B_1^2-A_1^2}{2A_1^2}\mu^2+\eta(n+3)\mu^2\right],$$

und dieser Ausdruck kann bei unserer Voraussetzung über ε so geschrieben werden:

11) $$(1+\eta\mu^2)^{n+3}\left[B_1^2\left(1+\eta\frac{A_1^2+B_1^2}{2A_1^2}\mu^2\right) + \frac{2n+3}{3}A_1^2\left(1+\eta\frac{3B_1^2-A_1^2}{2A_1^2}\mu^2\right)\right],$$

so dafs Gleichung 9) die Form annimmt:

12) $$J_n = 2A_1B_1^n\int_0^1 \mu^{n+2}(1-\eta\mu^2)^{n+3}P_n(\mu)\left\{(A_1^2+B_1^2)\left[1+\eta\mu^2\frac{B_1^4+4A_1^2B_1^2-A_1^4}{2A_1^2(A_1^2+B_1^2)}\right] + \frac{2n}{3}A_1^2\left(1+\eta\mu^2\frac{3B_1^2-A_1^2}{2A_1^2}\right)\right\}d\mu.$$

Setzt man diesen Wert von J_n in den Ausdruck 5) S. 42 ein, ersetzt wiederum μ durch $\cos\vartheta_1$, wendet dann die Formel 4) S. 12 an und nimmt endlich statt der Summe der Integrale das Integral der Summe, so ergibt sich für das Potential der gegebenen Masse der folgende Ausdruck:

13) $$V =$$

$$2A_1(A_1^2+B_1^2)\int_0^{2\pi}d\varphi_1\int_0^{\frac{1}{2}\pi}\sin\vartheta_1\cos^2\vartheta_1(1+\eta\cos^2\vartheta_1)^3\left[1+\eta\frac{B_1^4+4A_1^2B_1^2-A_1^4}{2A_1^2(A_1^2+B_1^2)}\cos^2\vartheta_1\right]S\,d\vartheta_1$$
$$+\frac{4}{3}A_1^3\int_0^{2\pi}d\varphi_1\int_0^{\frac{1}{2}\pi}\sin\vartheta_1\cos^2\vartheta_1(1+\eta\cos^2\vartheta_1)^3\left[1+\eta\frac{3B_1^2-A_1^2}{2A_1^2}\cos^2\vartheta_1\right]S_1\,d\vartheta_1,$$

wo S und S_1 die folgenden Summen bezeichnen:

13a) $$S = \sum_{n=0}^{\infty}\frac{B_1^n\cos^n\vartheta_1(1+\eta\cos^2\vartheta_1)^nP_n(\cos\gamma)}{r^{n+1}},$$
$$S_1 = \sum_{n=1}^{\infty}n\frac{B_1^n\cos^n\vartheta_1(1+\eta\cos^2\vartheta_1)^nP_n(\cos\gamma)}{r^{n+1}};$$

$\cos\gamma$ ist dabei durch die Formel 2a) S. 12 gegeben.

Das Resultat läfst sich folgendermafsen deuten. In dem Rotationsellipsoid

$$14) \qquad x_1^2 (1-\eta) + y_1^2 + z_1^2 = B_1 x_1$$

ziehe man vom Anfangspunkte einen Radius ϱ_1 unter dem Winkel ϑ_1 gegen die Rotationsachse, so ist

$$15) \qquad \varrho_1 = \frac{B_1 \cos\vartheta_1}{1-\eta\cos^2\vartheta_1} = B_1 \cos\vartheta_1 (1+\eta\cos^2\vartheta_1),$$

da η sehr klein ist. Die Summe S ist somit

$$16) \qquad S = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{\varrho_1^n P_n(\cos\gamma)}{r^{n+1}} = \frac{1}{\sqrt{r^2+\varrho_1^2-2r\varrho_1\cos\gamma}} = \frac{1}{E},$$

d. h. S ist die reziproke Entfernung eines Punktes der Oberfläche des Rotationsellipsoides 14) von dem Aufpunkt r, ϑ, φ. Beachtet man, dafs das Oberflächenelement von 14)

$$do = B_1^2 \sin\vartheta_1 \cos\vartheta_1 (1+\eta\cos^2\vartheta_1)^2 \left(1+\frac{1}{2}\eta\sin^2 2\vartheta_1\right) d\vartheta_1\, d\varphi_1$$

ist, und setzt

$$17) \qquad k = \frac{2A_1(A_1^2+B_1^2)}{B_1^2}\cos\vartheta_1\left(1-\frac{1}{2}\eta\sin^2 2\vartheta_1\right)\left[1+\eta\frac{B_1^4+6A_1^2B_1^2+A_1^4}{2A_1^2(A_1^2+B_1^2)}\cos^2\vartheta_1\right],$$

so wird der erste Summand der rechten Seite von 13) das Potential der mit Masse von der Dichtigkeit k belegten Ellipsoidfläche 14). Übrigens ist die gesamte auf der Oberfläche des Ellipsoides 14) ausgebreitete Masse gleich der gegebenen, von einer der Flächen 4) oder 4 c) begrenzten räumlichen Masse.

Setzt man ferner

$$18) \qquad k_1 = \frac{4}{3}\frac{A_1^3}{B_1}\cos\vartheta_1\left(1-\frac{1}{2}\eta\sin^2 2\vartheta_1\right)\left(1+\eta\frac{3B_1^2+A_1^2}{2A_1^2}\cos^2\vartheta_1\right),$$

so wird der zweite Summand von 13)

$$19) \qquad \int\int k_1\, do\, \frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial B_1};$$

darin ist die Differentiation nach B_1 so auszuführen, als ob η von B_1 unabhängig wäre. Den Ausdruck 19) kann man auffassen als das Potential einer Art von Doppelbelegung der Oberfläche des Ellipsoids 14), und zwar einer Doppelbelegung, die folgendermafsen entsteht: Man belege das Ellipsoid

14) mit Masse von der Dichtigkeit $m k_1$, wo m von ϑ_1 unabhängig ist, ferner das Ellipsoid

14') $$x_1^2(1-\eta)+y_1^2+z_1^2 = B_1(1-\delta)x_1$$

mit Masse von der Dichtigkeit $-m k_1 : (1-\delta)^2$, so gibt die Summe beider Potentiale für den Grenzfall $\delta = 0$, wenn zugleich $\lim(m\delta) = 1$ wird, den Ausdruck 19).

Das hier gewonnene Resultat ist ganz analog dem im Abschnitt II (S. 15—16) abgeleiteten, nur dafs an Stelle der dort auftretenden Kugel

$$x_1^2+y_1^2+z_1^2 = Bx_1$$

hier das Rotationsellipsoid 14) auftritt, und zwar ist dasselbe ein verlängertes, wenn η positiv, also $x_0 > \sqrt{a^2-b^2}$ ist, dagegen ein abgeplattetes, wenn η negativ, also $x_0 < \sqrt{a^2-b^2}$ ist.

Auch hier kann man die Wirkung der Doppelbelegung des Rotationsellipsoids 14) durch die einer gewissen einfachen Belegung dieser Fläche ersetzen, ähnlich wie es in Abschnitt II b) mit der Doppelbelegung der Kugel geschehen ist. Die zum Ziele führende Rechnung übergehe ich hier.

VII. Das Ausgangsellipsoid ist ein abgeplattetes Rotationsellipsoid, das Transformationszentrum liegt auf der Achse dem Mittelpunkte sehr nahe.

Für den Fall, dafs das Ausgangsellipsoid ein abgeplattetes Rotationsellipsoid ist und das Transformationszentrum eine beliebige Lage auf der Rotationsachse hat, ist die Gleichung der Oberfläche des Ovaloids in räumlichen Polarkoordinaten durch die Gleichung 3 a) S. 42 gegeben. Nehmen wir nun x_0 so klein, dass nur die ersten Potenzen von $\frac{x_0}{b}$ berücksichtigt zu werden brauchen, die höheren aber vernachlässigt werden können, so wird die Flächengleichung

1) $$r_1 = a_1\varepsilon\cos\vartheta_1 + \sqrt{b_1^2+(a_1^2-b_1^2)\cos^2\vartheta_1},$$

und darin ist, wie früher,

1 a) $$\frac{R^2}{b} = a_1,\ \frac{R^2}{a} = b_1 \quad (a > b,\ a_1 > b_1),$$

ferner

1 b) $$\frac{x_0}{b} = \varepsilon.$$

Für genügend weit entfernte Aufpunkte gilt für das Potential V wieder der Ausdruck 5) S. 42, wobei J_n den Wert hat

$$2) \qquad J_n = \frac{1}{n+3}\int_0^\pi [\sqrt{b_1^2 + (a_1^2 - b_1^2)\cos^2\vartheta_1} + a_1\,\varepsilon\,\cos\vartheta_1]^{n+3}\, P_n(\cos\vartheta_1)\sin\vartheta_1\, d\vartheta_1.$$

Mit Beibehaltung nur der ersten Potenzen von ε wird

$$2a) \qquad J_n = J_n' + a_1\,\varepsilon\, J_n'',$$

und zwar ist

$$2b) \qquad \begin{cases} J_n' = \dfrac{1}{n+3}\displaystyle\int_0^\pi \sqrt{[b_1^2 + (a_1^2 - b_1^2)\cos^2\vartheta_1]^{n+3}}\, P_n(\cos\vartheta_1)\sin\vartheta_1\, d\vartheta_1, \\ J_n'' = \displaystyle\int_0^\pi \sqrt{[b_1^2 + (a_1^2 - b_1^2)\cos^2\vartheta_1]^{n+2}}\, P_n(\cos\vartheta_1)\cos\vartheta_1\sin\vartheta_1\, d\vartheta_1. \end{cases}$$

Die Integrale J_n' verschwinden für ungerade n, ihr Wert für gerade n ist im Abschnitt III S. 25—27 ermittelt. Entwickelt man auch V nach Potenzen von ε

$$3) \qquad V = V' + a_1\,\varepsilon\, V'',$$

so gilt für V' das in Abschnitt III Gl. 14) S. 28 abgeleitete Resultat.

Die Integrale J_n'' verschwinden dagegen für gerade n, haben aber für ungerade n einen von Null verschiedenen Wert. Setzen wir

$$\cos\vartheta_1 = \mu,$$

so wird

$$4) \qquad J''_{2n+1} = \int_{-1}^{+1} \sqrt{[b_1^2 + (a_1^2 - b_1^2)\,\mu^2]^{2n+3}}\, P_{2n+1}(\mu)\,\mu\, d\mu.$$

Das von -1 bis $+1$ erstreckte Integral ist das Doppelte des von 0 bis 1 genommenen. Setzt man nun für $P_{2n+1}(\mu)$ den Ausdruck b) S. 24 und führt zugleich

$$\mu_1 = \mu^2$$

als Integrationsvariable ein, so wird

$$5) \qquad J''_{2n+1} = \frac{(-1)^n}{n!}\int_0^1 \sqrt{[b_1^2 + (a_1^2 - b_1^2)\,\mu_1]^{2n+3}}\, \frac{d^n[\mu_1^{n+\frac{1}{2}}(1-\mu_1)^n]}{d\mu_1^n}\, d\mu_1$$

$$= \frac{(2n+3)(2n+1)\cdots 5}{2\cdot 4\cdots 2n}(a_1^2 - b_1^2)^n \int_0^1 \mu_1^{n+\frac{1}{2}}(1-\mu_1)^n\,[b_1^2 + (a_1^2 - b_1^2)\,\mu_1]^{\frac{3}{2}}\, d\mu_1,$$

welch letzterer Ausdruck durch n-malige teilweise Integration folgt. Drückt man in 5), wie S. 26 [Gl. 6)], die Konstanten a_1, b_1 durch die Konstanten α, β aus, benutzt ferner die Hilfsformel 4) S. 26 und setzt endlich, wie S. 26,

6) $$\mu_1 = \cos^2\left(\frac{1}{2}\vartheta_2\right),$$

so wird

6 a) $$J''_{2n+1} =$$

$$\frac{1}{3}\frac{1}{2\pi}(2n+3)(2n+1)\beta^{2n}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\pi} (\sin\vartheta_2\cos\varphi_1)^{2n}\sqrt{1+\cos\vartheta_2}\sqrt{(\alpha^2+\beta^2\cos\vartheta_2)^3}\sin\vartheta_2\, d\vartheta_2.$$

In 6 a) führe man nun an Stelle der Integrationsvariablen ϑ_2, φ_1 wiederum neue Variable u, v ein mittels der Formeln 8) S. 26, so wird

6 b) $$J''_{2n+1} =$$

$$\frac{1}{3}\frac{1}{2\pi}(2n+3)(2n+1)\beta^{2n}\int_0^{2\pi} dv \int_0^{\pi} \cos^{2n}u\sqrt{1+\sin u\cos v}\sqrt{(\alpha^2+\beta^2\sin u\cos v)^3}\sin u\, du$$

oder nach teilweiser Integration

7) $$J''_{2n+1} = \frac{2}{3}(2n+3)\beta^{2n}\alpha^3 + \frac{1}{6}\frac{1}{2\pi}(2n+3)\beta^{2n}\int_0^{\pi}\cos^{n+2}u\, du\int_0^{2\pi}\psi(\sin u, v)\cos v\, dv,$$

worin die Funktion ψ folgenden Wert hat:

7 a) $$\psi(\sin u, v) = 3\beta^2\sqrt{\alpha^2+\beta^2\sin u\cos v}\sqrt{1+\sin u\cos v} + \frac{\sqrt{(\alpha^2+\beta^2\sin u\cos v)^3}}{\sqrt{1+\sin u\cos v}}.$$

Der von den Integralen J'' herrührende Teil des Potentials ist nun

8) $$V'' = \frac{4\pi}{3}\alpha^3 S + \frac{1}{6}\int_0^{2\pi}\cos v\, dv\int_0^{\pi} S_1\,\psi(\sin u, v)\, du,$$

worin S und S_1 folgende Summen darstellen:

8 a)
$$\left|\begin{array}{l} S = \sum_{n=0}^{\infty}\dfrac{(2n+3)\beta^{2n}P_{2n+1}(\cos\vartheta)}{r^{2n+2}}, \\ S_1 = \sum_{n=0}^{\infty}\dfrac{(2n+3)\beta^{2n}\cos^{2n+2}u\, P_{2n+1}(\cos\vartheta)}{r^{2n+2}}. \end{array}\right.$$

Nun ist

$$\sum_0^\infty \frac{\lambda^{2n+3} P_{2n+1}(\cos\vartheta)}{r^{2n+2}} = \frac{1}{2}\left\{\frac{\lambda^2}{\sqrt{r^2+\lambda^2-2r\lambda\cos\vartheta}} - \frac{\lambda^2}{\sqrt{r^2+\lambda^2+2r\lambda\cos\vartheta}}\right\}$$

und

$$\sum_0^\infty (2n+3)\frac{\lambda^{2n+2} P_{2n+1}(\cos\vartheta)}{r^{2n+2}} = \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial\lambda}\left\{\frac{\lambda^2}{\sqrt{r^2+\lambda^2-2r\lambda\cos\vartheta}} - \frac{\lambda^2}{\sqrt{r^2+\lambda^2+2r\lambda\cos\vartheta}}\right\},$$

daher

$$9)\qquad V'' = \frac{2\pi}{3}\frac{\alpha^3}{\beta^2}\frac{\partial\left(\frac{\beta^2}{\sqrt{r^2+\beta^2-2r\beta\cos\vartheta}} - \frac{\beta^2}{\sqrt{r^2+\beta^2+2r\beta\cos\vartheta}}\right)}{\partial\beta}$$
$$+\frac{1}{12\beta^2}\int_0^\pi \frac{\partial}{\partial(\beta\cos u)}\left[\frac{\beta^2\cos^2 u}{\sqrt{r^2+\beta^2\cos^2 u - 2r\beta\cos u\cos\vartheta}}\right.$$
$$\left. - \frac{\beta^2\cos^2 u}{\sqrt{r^2+\beta^2\cos^2 u + 2r\beta\cos u\cos\vartheta}}\right] du \int_0^{2\pi} dv\,\cos v\,\psi(\sin u, v).$$

Die Formel 9) vereinfacht sich noch, wenn man beachtet, dafs

$$-\int_0^\pi \frac{\partial}{\partial(\beta\cos u)}\left(\frac{\beta^2\cos^2 u}{\sqrt{r^2+\beta^2\cos^2 u + 2r\beta\cos u\cos\vartheta}}\right) du \int_0^{2\pi} dv\,\cos v\,\psi(\sin u, v)$$
$$= +\int_0^\pi \frac{\partial}{\partial(\beta\cos u)}\left(\frac{\beta^2\cos^2 u}{\sqrt{r^2+\beta^2\cos^2 u - 2r\beta\cos u\cos\vartheta}}\right) du \int_0^{2\pi} dv\,\cos v\,\psi(\sin u, v)$$

ist. Bezeichnet man weiter, wie S. 27, mit E den Abstand des Aufpunktes (r, ϑ, φ) von dem Punkte Q der Rotationsachse, dessen Koordinaten

$$x_1 = \beta\cos u,\quad y_1 = 0,\quad z_1 = 0$$

sind, mit E_2 und E_1 die Abstände des Aufpunktes von den Punkten Q_2 $(x_0 = +\beta)$ und Q_1 $(x_1 = -\beta)$ der Achse, so kann man Gl. 9 folgendermafsen schreiben:

$$9\,a)\qquad V'' = \frac{2\pi}{3}\frac{\alpha^3}{\beta^2}\frac{\partial\left(\frac{\beta^2}{E_2} - \frac{\beta^2}{E_1}\right)}{\partial\beta} + \frac{1}{6\beta^2}\int_0^\pi \frac{\partial\frac{\beta^2\cos^2 u}{E}}{\partial(\beta\cos u)}\,du \int_0^{2\pi} dv\,\cos v\,\psi(\sin u, v),$$

während nach dem, was oben bemerkt ist, V' den Wert hat [Gl. 14), S. 28]

$$10)\qquad V' = \frac{4\pi}{3}\alpha^3\left(\frac{1}{E_2}+\frac{1}{E_1}\right) + \int_0^\pi \frac{\cos u}{E}\,du\,\frac{df(\sin u)}{du}.$$

Die Funktion $f(\sin u)$ ist durch Gl. 12) S. 27 gegeben. Daraus folgt

11) $$\frac{df(\sin u)}{du} = \cos u \int_0^{2\pi} \left(\beta^2 f_1 - \frac{1}{3} f_1^3\right) \cos v \, dv,$$

wo zur Abkürzung

11a) $$f_1 = \frac{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2 \sin u \cos v}}{\sqrt{1 + \sin u \cos v}}$$

gesetzt ist. Mittels derselben Funktion f_1 kann man aber auch die in 9) und 9a) auftretende Funktion $\psi(\sin u, v)$ ausdrücken. Nach 7a) S. 55 ist nämlich

11b) $$\psi(\sin u, v) = 3(1 + \sin u \cos v)\left(\beta^2 f_1 + \frac{1}{3} f_1^3\right).$$

Nach alle dem wird das Potential

$$V = V' - a_1 \varepsilon V''$$

12) $$= \frac{4\pi}{3} \frac{\alpha^3}{\beta^2}\left[\frac{\beta^2}{E_2} + \frac{\beta^2}{E_1} + \frac{a_1 \varepsilon}{2} \frac{\partial\left(\frac{\beta^2}{E_2} - \frac{\beta^2}{E_1}\right)}{\partial \beta}\right] + \frac{1}{\beta^2}\int_0^{\pi} du \left\{\frac{\beta^2 \cos^2 u}{E}\int_0^{2\pi} dv \cos v \left(\beta^2 f_1 - \frac{1}{3} f_1^3\right)\right.$$

$$\left. - \frac{a_1 \varepsilon}{2} \frac{\partial \frac{\beta^2 \cos^2 u}{E}}{\partial (\beta \cos u)} \int_0^{2\pi} dv \cos v \,(1 + \sin u \cos v)\left(\beta^2 f_1 + \frac{1}{3} f_1^3\right)\right\}.$$

Bei unserer Annahme über die Kleinheit von ε ist

$$\frac{\beta^2}{E_2} - \frac{a_1 \varepsilon}{2} \frac{\partial \frac{\beta^2}{E_2}}{\partial \beta} = \frac{\left(\beta + \frac{a_1 \varepsilon}{2}\right)^2}{\sqrt{r^2 + \left(\beta - \frac{a_1 \varepsilon}{2}\right)^2 - 2r\left(\beta + \frac{a_1 \varepsilon}{2}\right)\cos\vartheta}}$$

und

$$\frac{\beta^2}{E_1} - \frac{a_1 \varepsilon}{2} \frac{\partial \frac{\beta^2}{E_1}}{\partial \beta} = \frac{\left(\beta - \frac{a_1 \varepsilon}{2}\right)^2}{\sqrt{r^2 + \left(\beta - \frac{a_1 \varepsilon}{2}\right)^2 + 2r\left(\beta - \frac{a_1 \varepsilon}{2}\right)\cos\vartheta}}.$$

Demnach stellt der erste Summand der rechten Seite von 12) das Potential zweier Massenpunkte dar, nämlich das Potential des Punktes Q_2', der auf der positiven Seite der Rotationsachse im Abstande $\beta + \frac{a_1 \varepsilon}{2}$ vom Anfangspunkte liegt, und dessen Masse

13) $$\frac{4\pi}{3}\frac{\alpha^3}{\beta}(\beta + a_1\varepsilon)$$

ist, vermehrt um das Potential des Punktes Q_1', der auf der negativen Seite der Rotationsachse im Abstande $\beta - \frac{a_1\varepsilon}{2}$ vom Anfangspunkte liegt, und dessen Masse

13 a) $$\frac{4\pi}{3}\frac{\alpha^3}{\beta}(\beta - a_1\varepsilon)$$

ist.

Den zweiten Summanden der rechten Seite von 12) kann man folgendermafsen schreiben:

14) $$\int_0^{2\pi}\cos v\,dv\int_0^{\pi}\left[\frac{\beta^2\cos^2 u}{E} + \frac{a_1\varepsilon}{2}(1+\sin u\cos v)\frac{\partial\frac{\beta^2\cos^2 u}{E}}{\partial(\beta\cos u)}\right]f_1\,du$$
$$-\frac{1}{3\beta^2}\int_0^{2\pi}\cos v\,dv\int_0^{\pi}\left[\frac{\beta^2\cos^2 u}{E} - \frac{a_1\varepsilon}{2}(1+\sin u\cos v)\frac{\partial\frac{\beta^2\cos^2 u}{E}}{\partial(\beta\cos u)}\right]f_1{}^3\,du.$$

Der Ausdruck innerhalb der ersten Klammer ist der Wert, den $\beta^2\cos^2 u : E$ annimmt, wenn man darin statt $\beta\cos u$ setzt $\beta\cos u + \frac{a_1\varepsilon}{2}(1+\sin u\cos v)$; entsprechend hat man, um den Ausdruck in der zweiten Klammer zu erhalten, statt $\beta\cos u$ zu setzen $\beta\cos u - \frac{a_1\varepsilon}{2}(1+\sin u\cos v)$. Setzt man daher im ersten Summanden von 14)

$$\beta\cos u + \frac{a_1\varepsilon}{2}(1+\sin u\cos v) = t$$

oder auch

$$t = \frac{a_1\varepsilon}{2} + \beta\cos\left[u - \frac{a_1\varepsilon}{2\beta}\cos v\right],$$

so entsprechen den Grenzen $u = 0$, $u = \pi$ resp. die Werte von t

$$t_2 = \beta + \frac{a_1\varepsilon}{2},\quad -t_1 = -\beta + \frac{a_1\varepsilon}{2},$$

und bei unserer Näherung wird

$$-du = \frac{dt}{\sqrt{(t_2 - t)(t - t_1)}}.$$

Demnach kann der erste Summand von 14) so geschrieben werden:

14 a) $$\int_{-t_1}^{t_2} \frac{dt}{\sqrt{(t_2 - t)\,(t + t_1)}} \frac{t^2}{\sqrt{r^2 + t^2 - 2rt\cos\vartheta}} \int_0^{2\pi} f_1 \cos v\, dv,$$

und f_1 ist als Funktion von t und v durch Gl. 11 a) S. 57 gegeben, wenn man darin

$$\sin u = \frac{1}{\beta}\left\{\sqrt{(t_2 - t)\,(t + t_1)} + \frac{a_1 \varepsilon}{2\beta}\, t\cos v\right\}$$

setzt. Der Ausdruck 14 a) stellt aber das Potential der zwischen den schon oben auftretenden Punkten Q_1', Q_2' liegenden Strecke der Rotationsachse dar, diese mit Masse von der Dichtigkeit

15 a) $$k_1 = \frac{t^2}{\sqrt{(t_2 - t)\,(t + t_1)}} \int_0^{2\pi} f_1 \cos v\, dv$$

belegt.

Entsprechend ist im zweiten Summanden von 14)

$$t = \beta\cos u - \frac{a_1 \varepsilon}{2}(1 + \sin u \cos v)$$

zu setzen, so dafs für $u = 0$ $t = +t_1$, für $u = \pi$ $t = -t_2$ wird. Der zweite Summand von 14) nimmt dann die Form an:

14 b) $$-\frac{1}{3\beta^2} \int_{-t_2}^{+t_1} \frac{dt}{\sqrt{(t_1 - t)\,(t + t_2)}} \frac{t^2}{\sqrt{r^2 + t^2 - 2rt\cos\vartheta}} \int_0^{2\pi} f_1{}^3 \cos v\, dv.$$

Darin ist f_1 als Funktion von t und v wieder durch die Gl. 11 a) S. 57 gegeben, wenn man darin

$$\sin u = \frac{1}{\beta}\left\{\sqrt{(t_1 - t)\,(t + t_2)} - \frac{a_1 \varepsilon}{2\beta}\, t\cos v\right\}$$

setzt. Der Ausdruck 14 b) ist das Potential der Strecke $Q_1'' Q_2''$ der Rotationsachse, deren einer Endpunkt Q_1'' auf der negativen Seite jener Achse im Abstande t_2 vom Anfangspunkt liegt, während der andere Endpunkt Q_2'' auf der positiven Seite liegt und den Abstand t_1 vom Anfangspunkte hat. Die Dichtigkeit der Massenbelegung der Strecke $Q_1'' Q_2''$ ist

15 b) $$k_2 = -\frac{1}{3\beta^2} \frac{t^2}{\sqrt{(t_1 - t)\,(t + t_2)}} \int_0^{2\pi} f_1{}^3 \cos v\, dv.$$

Alles zusammengefafst, hat sich demnach folgendes Resultat ergeben: Für den Fall, dafs das Grundellipsoid ein abgeplattetes Rotationsellipsoid ist und das Transformationszentrum auf der Rotationsachse dem Mittelpunkt sehr nahe liegt, kann das Potential der homogenen Masse, die begrenzt wird von der durch Transformation jenes Ellipsoids entstehenden Ovalfläche, ersetzt werden durch das Potential zweier auf der Achse liegenden Massenpunkte Q_2', Q_1', deren Massen durch 13) und 13a) bestimmt sind, durch das Potential der die beiden Punkte Q_1', Q_2' verbindenden Strecke, diese mit Masse von der Dichtigkeit k_1 [Gl. 15a)] belegt gedacht, sowie durch das Potential einer anderen Strecke $Q_1'' Q_2''$, die durch Verschiebung der Strecke $Q_1' Q_2'$ um $a_1 \varepsilon$ nach der negativen Seite entsteht und mit Masse von der Dichtigkeit k_2 [Gl. 15b)] belegt ist.

Auch hier wird die Summe aus den Massen der beiden Punkte Q_1', Q_2' und den Massen der Strecken $Q_1' Q_2'$ und $Q_1'' Q_2''$ gleich der gegebenen anziehenden Masse. Das ergibt sich daraus, dafs der Ausdruck, den man erhält, wenn man aus Gl. 12) $\lim_{r=\infty}(rV)$ bildet, übereinstimmt mit dem Ausdruck, der die gegebene von der Ovalfläche 1) begrenzte Masse darstellt, falls man in letzterem Ausdruck nur die Glieder von der Ordnung ε^1 beibehält.

VIII. Das Ausgangsellipsoid ist ein verlängertes Rotationsellipsoid, das Transformationszentrum liegt auf der Achse dem Mittelpunkte sehr nahe.

Hat bei einem verlängerten Rotationsellipsoide das Transformationszentrum zunächst eine beliebige Lage auf der Achse, so ist die Gleichung der transformierten Fläche (in Polarkoordinaten) durch die Gleichung 3) S. 41 gegeben. Nehmen wir in dieser x_0 so klein an, dafs nur die ersten Potenzen von

1) $$\frac{x_0}{a} = \varepsilon$$

in Betracht kommen, so nimmt diese Gleichung die Form an:

1a) $$\overline{r_1} = b_1 \varepsilon \cos \vartheta_1 + \sqrt{a_1^2 - (a_1^2 - b_1^2) \cos^2 \vartheta_1},$$

worin, wie früher,

1 b) $$a_1 = \frac{R^2}{b},\ b_1 = \frac{R^2}{a} \qquad (a > b,\ a_1 > b_1)$$

ist. In der Reihe, durch die nach Gl. 5) S. 42 das Potential der von der Fläche 1 a) begrenzten Masse dargestellt wird, hat hier der Faktor J_n den Wert

2) $$J_n = \frac{1}{n+3}\int_{-1}^{+1}\{b_1\varepsilon\mu + \sqrt{a_1^2-(a_1^2-b_1^2)\mu^2}\}^{n+3} P_n(\mu)\,d\mu \qquad (\mu = \cos\vartheta_1).$$

Mit Vernachlässigung höherer Potenzen von ε wird

2 a) $$J_n = J_n' + b_1\varepsilon J_n'',$$

wo

2 b) $$\begin{cases} J_n' = \dfrac{1}{n+3}\displaystyle\int_{-1}^{+1}[a_1^2-(a_1^2-b_1^2)\mu^2]^{\frac{n+3}{2}} P_n(\mu)\,d\mu, \\ J_n'' = \displaystyle\int_{-1}^{+1}[a_1^2-(a_1^2-b_1^2)\mu^2]^{\frac{n+2}{2}} P_n(\mu)\,\mu\,d\mu \end{cases}$$

ist. Die Werte der Integrale J_n' sind aus Abschnitt IV bekannt, ebenso der Wert von V', wenn V, nach Potenzen von ε entwickelt,

3) $$V = V' + b_1\varepsilon V''$$

ist. Die Integrale J_n'' verschwinden für gerade n, sind aber von 0 verschieden für ungerade n. Zur Ermittelung des Wertes von J''_{2n+1} kann man genau so wie im vorhergehenden Abschnitt (S. 54) verfahren und erhält dadurch

4) $$J''_{2n+1} =$$

$$(-1)^n\frac{(2n+3)(2n+1)\cdots 5}{2\cdot 4\cdots 2n}(a_1^2-b_1^2)^n\int_0^1 \mu_1^{\,n+\frac{1}{2}}(1-\mu_1)^n[a_1^2-(a_1^2-b_1^2)\mu_1]^{\frac{3}{2}}d\mu_1.$$

Nun ist

5) $$(-1)^n\frac{3\cdot 5\cdots(2n+1)}{2\cdot 4\cdots 2n} = \left[\frac{P_{2n+1}(x)}{x}\right]_{x=0} = P'_{2n+1}(0),$$

wo P'_{2n+1} die Ableitung von P_{2n+1} bezeichnet. Wird ferner, wie in Abschnitt IV S. 31, an Stelle von μ_1 eine neue Integrationsvariable u eingeführt durch die Substitution

6) $$\mu_1 = \sin^2\left(\frac{1}{2}u\right),$$

und werden die Konstanten a_1, b_1 mittels der Gl. 7) S. 31 durch die anderen Konstanten α und β ausgedrückt, so wird

$$7) \qquad J''_{2n+1} = \frac{1}{3}(2n+3)\, P'_{2n+1}(0)\, \beta^{2n} \int_0^{\pi} \sin^{2n+1} u \, \sqrt{1-\cos u}\, \sqrt{(\alpha^2+\beta^2\cos u)^3}\, du.$$

Da $P'_{2n}(0) = 0$ ist, so hat man allgemein

$$7\,a) \qquad J''_n = \frac{1}{3}(n+2)\, P'_n(0)\, \beta^{n-1} \int_0^{\pi} \sin^n u \, \sqrt{1-\cos u}\, \sqrt{(\alpha^2+\beta^2\cos u)^3}\, du.$$

Wir geben der Gl. 7 a) noch eine etwas andere Form, indem wir beachten, dafs

$$\sin u \sqrt{1-\cos u} = \sqrt{1+\cos u}\,(1-\cos u)$$

ist. Ferner verwandeln wir die Integration nach u zwischen den Grenzen 0 und π in eine solche zwischen den Grenzen 0 und $\frac{1}{2}\pi$ und setzen zur Abkürzung

$$8) \qquad \sqrt{(\alpha^2+\beta^2\cos u)^3}\,\sqrt{1+\cos u} = f_1, \quad \sqrt{(\alpha^2-\beta^2\cos u)^3}\,\sqrt{1-\cos u} = f_2,$$

wobei gleich bemerkt werden mag, dafs die S. 31 auftretende Funktion $f(\cos u)$

$$8\,a) \qquad f(\cos u) = f_1 + f_2$$

ist. Danach kann 7 a) so geschrieben werden:

$$7\,b) \qquad J''_n = \frac{1}{3}(n+2)\, P'_n(0)\, \beta^{n-1} \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \sin^{n-1} u \,[f_1 + f_2 - \cos u\,(f_1 - f_2)]\, du.$$

Löst man unter dem Integral die Klammer auf und integriert das Glied $n \sin^{n-1} u \cos u$ teilweise, wobei $\sin^n u\,(f_1 - f_2)$ für $n > 0$ an den Grenzen verschwindet [und für $n = 0$ ist $P'_n(0) = 0$, so dafs das Gesamtresultat auch für $n = 0$ gilt], so erhält schliefslich J''_n die Form

$$9) \qquad J''_n = \frac{1}{3} P'_n(0) \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \left\{ \left[\frac{d(\beta^n \sin^n u)}{d(\beta \sin u)} + 2\beta^{n-1} \sin^{n-1} u \right] (f_1 + f_2) \right.$$
$$\left. - 2\beta^{n-1} \sin^{n-1} u \cos u\,(f_1 - f_2) + \frac{\beta^n \sin^n u}{\beta} \frac{d(f_1 - f_2)}{du} \right\} du.$$

Der Ausdruck 9) ist nun in den von J''_n herrührenden Teil von V

$$V'' = 2\pi \sum_0^{\infty} \frac{P_n(\cos\vartheta)\, J''_n}{r^{n+1}}$$

einzusetzen. Dabei wird

10) $$2\pi\, P_n(\cos\vartheta)\cdot P'_n(0) = \left[\frac{\partial}{\partial\cos\vartheta_1}\left(\int_0^{2\pi} P_n(\cos\gamma)\, d\varphi_1\right)\right]_{\vartheta_1=\frac{1}{2}\pi}$$

$$[\cos\gamma = \cos\vartheta\cos\vartheta_1 + \sin\vartheta\sin\vartheta_1\cos(\varphi_1-\varphi)],$$

wie sich ergibt, wenn man die Gl. 4) S. 12 nach $\cos\vartheta_1$ differentiiert und nachher $\vartheta_1=\frac{1}{2}\pi$ setzt. Mittels 9) und 10) folgt:

11) $$V'' =$$

$$\frac{\partial c}{\partial\cos\vartheta_1}\left\{\frac{1}{3}\int_0^{2\pi} d\varphi_1\int_0^{\frac{1}{2}\pi}\left[(f_1+f_2)\frac{\partial S}{\partial(\beta\sin u)} + 2\frac{(f_1+f_2)-(f_1-f_2)\cos u}{\beta\sin u}S + \frac{1}{\beta}\frac{d(f_1-f_2)}{du}S\right]du\right\}_{\vartheta_1=\frac{1}{2}\pi},$$

worin

11 a) $$S = \sum_{n=0}^{\infty}\frac{\beta^n\sin^n u\, P_n(\cos\gamma)}{r^{n+1}}$$

ist. Hierin führen wir statt u die Integrationsvariable

12) $$\beta\sin u = \varrho$$

ein. Dann ist, da $\varrho < r$,

13) $$S = \frac{1}{\sqrt{r^2+\varrho^2-2r\varrho\cos\gamma}} = \frac{1}{E},$$

und da

$$\frac{d(f_1-f_2)}{du} = \frac{d(f_1-f_2)}{d\varrho}\sqrt{\beta^2-\varrho^2}$$

ist, so wird

14) $$V'' = \frac{\partial}{\partial\cos\vartheta_1}\left\{\frac{1}{3}\int_0^{2\pi} d\varphi_1\int_0^{\beta}\left[(f_1+f_2)\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial\varrho} + 2\left(f_1+f_2-(f_1-f_2)\frac{\sqrt{\beta^2-\varrho^2}}{\beta}\right)\frac{1}{\varrho}\cdot\frac{1}{E}\right.\right.$$

$$\left.\left. - \frac{1}{\beta}\frac{d(f_1-f_2)}{d\varrho}\sqrt{\beta^2-\varrho^2}\,\frac{1}{E}\right]\frac{d\varrho}{\sqrt{\beta^2-\varrho^2}}\right\}_{\vartheta_1=\frac{1}{2}\pi}.$$

Weiter ist

$$\left(\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial\cos\vartheta_1}\right)_{\vartheta_1=\frac{1}{2}\pi} = \frac{r\varrho\cos\vartheta}{\sqrt{(r^2+\varrho^2-2r\varrho\cos\gamma')^3}},$$

wo, wie S. 32 [Gl. 11)],

15) $$\cos\gamma' = \sin\vartheta\cos(\varphi_1-\varphi)$$

ist. Andererseits ist aber

$$\frac{r\cos\vartheta}{\sqrt{(r^2+\varrho^2-2r\varrho\cos\gamma')^3}} = \left[\frac{\partial}{\partial x_1}\left(\frac{1}{\sqrt{r^2-\varrho^2+x_1^2-2x_1 r\cos\vartheta-2r\varrho\cos\gamma'}}\right)\right]_{x_1=0}.$$

Setzt man also noch

16) $$r^2+\varrho^2+x_1^2-2rx_1\cos\vartheta-2r\varrho\cos\gamma' = E_1^2,$$

wo E_1 die Entfernung des Aufpunktes (r, ϑ, φ) von dem Punkte bezeichnet, dessen rechtwinklige Koordinaten x_1, $\varrho\cos\varphi_1$, $\varrho\sin\varphi_1$ sind, so ergibt sich aus vorstehenden Gleichungen

17) $$\left(\frac{\partial\frac{1}{E}}{\partial\cos\vartheta_1}\right)_{\vartheta_1=\frac{1}{2}\pi} = \varrho\left(\frac{\partial\frac{1}{E_1}}{\partial x_1}\right)_0,$$

und der Index 0 zeigt an, dafs nach der Differentiation $x_1 = 0$ zu setzen ist. Danach nimmt 14) folgende Form an:

18) $$V'' = \frac{1}{3}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\beta}\left[(f_1+f_2)\frac{\partial\varrho\left(\frac{\partial\frac{1}{E_1}}{\partial x_1}\right)_0}{\partial\varrho} + 2\left(f_1+f_2-\frac{1}{\beta}(f_1-f_2)\sqrt{\beta^2-\varrho^2}\right)\left(\frac{\partial\frac{1}{E_1}}{\partial x_1}\right)_0 + \frac{\varrho}{\beta}\sqrt{\beta^2-\varrho^2}\,\frac{d(f_1-f_2)}{d\varrho}\left(\frac{\partial\frac{1}{E_1}}{\partial x_1}\right)_0\right]\frac{d\varrho}{\sqrt{\beta^2-\varrho^2}}.$$

Neben dem von den Integralen J''_n abhängigen Teil V'' von V gebrauchen wir den von den J'_n abhängigen Teil V' von V. V' hat nach dem, was oben bemerkt ist, den durch Gl. 19) S. 35 bestimmten Wert; doch hat in 19) die Gröfse E eine andere Bedeutung wie hier. Das in 19) auftretende E erhält man, wenn man in dem durch 13) S. 63 definierten E setzt $\vartheta_1 = \frac{\pi}{2}$, oder wenn man darin $\cos\gamma'$ an Stelle von $\cos\gamma$, oder endlich, wenn man in den durch 16) S. 64 definierten E_1 $x_1 = 0$ setzt. Beachtet man noch, dafs die in 19) auftretende Funktion f nach 8 a) S. 62 $= f_1 + f_2$ ist, so wird

19) $$V' = \frac{2}{3}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\beta}(f_1+f_2)\frac{\partial\varrho\cdot\left(\frac{1}{E_1}\right)_0}{\partial\varrho}\frac{d\varrho}{\sqrt{\beta^2-\varrho^2}},$$

daher

$$V = V' + b_1 \varepsilon V''$$

$$= \frac{2}{3}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\beta} (f_1 + f_2)\frac{\partial}{\partial \varrho}\left[\varrho\left(\frac{1}{E_1}\right)_0 + \frac{b_1\varepsilon}{2}\varrho\left(\frac{\partial \frac{1}{E_1}}{\partial x_1}\right)_0\right]\frac{d\varrho}{\sqrt{\beta^2-\varrho^2}} \qquad 20)$$

$$+ \frac{2}{3}\frac{b_1\varepsilon}{\beta}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\beta}\left(\frac{\partial \frac{1}{E_1}}{\partial x_1}\right)_0\left[\frac{\beta(f_1+f_2)}{\sqrt{\beta^2-\varrho^2}} - (f_1-f_2) + \frac{\varrho}{2}\frac{d(f_1-f_2)}{d\varrho}\right]d\varrho.$$

Das Resultat läfst eine einfache Deutung zu. Bei unserer Näherung ist

$$\left(\frac{1}{E_1}\right)_0 + \frac{b_1\varepsilon}{2}\left(\frac{\partial \frac{1}{E_1}}{\partial x_1}\right)_0 = \left(\frac{1}{E_1}\right)_{x_1=\frac{b_1\varepsilon}{2}} = \frac{1}{E_2}, \qquad 21)$$

und E_2 ist der Abstand des Aufpunktes von dem Punkte mit den Koordinaten $\frac{b_1\varepsilon}{2}$, $\varrho\cos\varphi_1$, $\varrho\sin\varphi_1$. Der erste Summand von V in 20) stimmt also genau mit dem Werte überein, der in Abschnitt IV für V ermittelt ist [Gl. 19) S. 35], nur dafs E_2 an Stelle des dortigen E (das gleich unserem E_1 für $x_1 = 0$ war) tritt, d. h. dafs der dort auftretende Kreis mit dem Radius β aus der yz-Ebene um die Strecke $\frac{b_1\varepsilon}{2}$ längs der x-Achse verschoben ist. Das frühere V war aber auf dreierlei Arten gedeutet, und diese Deutungen gelten unmittelbar für den ersten Summanden von 20). Im zweiten Summanden der rechten Seite von 20) kann man ferner bei unserer Näherung E_1 ersetzen durch E'_1, wo

$$E'^2_1 = r^2 + \varrho^2 + \left(x_1 + \frac{b_1\varepsilon}{2}\right)^2 - 2r\left(x_1 + \frac{b_1\varepsilon}{2}\right)\cos\vartheta - 2r\varrho\cos\gamma' \qquad 22)$$

ist. Demnach stellt der zweite Summand der rechten Seite von V das Potential der Doppelbelegung des verschobenen Kreises dar mit dem Moment

$$\frac{2}{3}\frac{b_1\varepsilon}{\beta}\left\{\frac{\beta(f_1+f_2)}{\varrho\sqrt{\beta^2-\varrho^2}} - \frac{f_1-f_2}{\varrho} + \frac{1}{2}\frac{d(f_1-f_2)}{d\varrho}\right\}, \qquad 23)$$

und darin sind f_1 und f_2 durch 8) S. 62 bestimmt, wobei $\beta\cos u = \sqrt{\beta^2-\varrho^2}$ ist.

Wir sind also zu folgendem Resultate gelangt:

Für den Fall, dafs das Grundellipsoid ein verlängertes Rotationsellipsoid ist und das Transformationszentrum auf der Rotationsachse dem Mittelpunkte sehr nahe liegt, kann man die Wirkung der von der Ovalfläche 1a) S. 60 begrenzten homogenen Masse ersetzen 1. durch eine einfache und eine dreifache

Belegung der Kreisfläche mit dem Radius β, die von der yz-Ebene den Abstand $\frac{b_1 \varepsilon}{2}$ hat, und deren Mittelpunkt auf der Rotationsachse liegt; 2. durch eine Doppelbelegung eben dieser Kreisfläche. Das Moment der Doppelbelegung ist durch den vorstehenden Ausdruck 23) bestimmt, die Dichtigkeit der einfachen und das Moment der dreifachen Belegung sind dieselben wie in Abschnitt IV [Gl. 30) und 29) S. 39].

IX. Anderer Ansatz der behandelten Probleme. Anwendung elliptischer Koordinaten.

a) Ableitung einer allgemeinen Formel.

Es sei F eine beliebige geschlossene Fläche, $P(x, y, z)$ sei ein aufserhalb F liegender Punkt, $P_1(x_1, y_1, z_1)$ und $P_0(x_0, y_0, z_0)$ seien innere Punkte von F. Das Potential des von F eingeschlossenen, mit Masse von der konstanten Dichtigkeit 1 gefüllten Volumens ist für P als Aufpunkt

1) $$V = \int\int\int \frac{dx_1\, dy_1\, dz_1}{E},$$

wo E den Abstand der Punkte P und P_1 bezeichnet und die Integration über das von F eingeschlossene Volumen zu erstrecken ist. Durch Transformation mittels reziproker Radien mit P_0 als Transformationszentrum gehe die Fläche F in Φ über, P in Π, P_1 in Π_1. Dann liegt Π_1 aufserhalb der (ebenfalls geschlossenen) Fläche Φ, Π innerhalb. Bezieht man die Koordinaten ξ, η, ζ von Π und ξ_1, η_1, ζ_1 von Π_1 auf dieselben Achsen wie die Koordinaten von P, P_1, P_0, so wird

2)
$$\begin{cases} x - x_0 = \dfrac{R^2(\xi - x_0)}{\varrho^2}, & x_1 - x_0 = \dfrac{R^2(\xi_1 - x_0)}{\varrho_1^2}, \\ y - y_0 = \dfrac{R^2(\eta - y_0)}{\varrho^2}, & y_1 - y_0 = \dfrac{R^2(\eta_1 - y_0)}{\varrho_1^2}, \\ z - z_0 = \dfrac{R^2(\zeta - z_0)}{\varrho^2}, & z_1 - z_0 = \dfrac{R^2(\zeta_1 - z_0)}{\varrho_1^2}, \\ \varrho^2 = (\xi - x_0)^2 + (\eta - y_0)^2 + (\zeta - z_0)^2, & \varrho_1^2 = (\xi_1 - x_0)^2 + (\eta_1 - y_0)^2 + (\zeta_1 - z_0)^2. \end{cases}$$

R ist darin der Radius der Transformationskugel.

Transformiert man mittels der Formeln 2) das Integral 1), so ist das Volumenelement $dx_1\,dy_1\,dz_1$ zu ersetzen durch

$$\frac{R^6\,d\xi_1\,d\eta_1\,d\zeta_1}{\varrho_1{}^6}.$$

Ferner wird

2 a) $$E^2=(x_1-x)^2+(y_1-y)^2+(z_1-z)^2=\frac{R^4[(\xi-\xi_1)^2+(\eta-\eta_1)^2+(\zeta-\zeta_1)^2]}{\varrho^2\,\varrho_1{}^2}=\frac{R^4E_1{}^2}{\varrho^2\,\varrho_1{}^2},$$

wo E_1 den Abstand der Punkte Π und Π_1 bezeichnet. Somit geht Gl. 1) in folgende über:

3) $$V=R^4\varrho\int\int\int\frac{d\xi_1\,d\eta_1\,d\zeta_1}{\varrho_1{}^5\,E_1},$$

und in 3) ist die Integration über den ganzen ins Unendliche reichenden Aufsenraum von Φ zu erstrecken; zugleich ist, wie schon bemerkt, der Aufpunkt Π ein innerer Punkt von Φ, ebenso P_0.

Weiter ist

4) $$\frac{1}{\varrho_1{}^5}=\frac{1}{6}\,\Delta_1\left(\frac{1}{\varrho_1{}^3}\right),$$

falls, wie üblich, Δ_1 den Laplaceschen Operator

$$\Delta_1(f)=\frac{\partial^2 f}{\partial\,\xi_1{}^2}+\frac{\partial^2 f}{\partial\,\eta_1{}^2}+\frac{\partial^2 f}{\partial\,\zeta_1{}^2}$$

darstellt. Da Π_1 aufserhalb, Π innerhalb Φ liegt, ist $1/E_1$ endlich und

$$\Delta_1\left(\frac{1}{E_1}\right)=0,$$

daher auch, wenn man über denselben Raum wie in 3) integriert:

5) $$0=\frac{R^4\varrho}{6}\int\int\int\frac{d\xi_1\,d\eta_1\,d\zeta_1}{\varrho_1{}^3}\,\Delta_1\left(\frac{1}{E_1}\right).$$

Setzt man 4) in 3) ein und subtrahiert dann die Gleichungen 3) und 5), so wird

6) $$V=\frac{R^4\varrho}{6}\int\int\int\left[\Delta_1\left(\frac{1}{\varrho_1{}^3}\right)\cdot\frac{1}{E_1}-\frac{1}{\varrho_1{}^3}\,\Delta_1\left(\frac{1}{E_1}\right)\right]d\xi_1\,d\eta_1\,d\zeta_1.$$

Wendet man den Greenschen Satz an, so wird

7) $$V=\frac{R^4\varrho}{6}\int\int\left[\frac{\partial\,\frac{1}{\varrho_1{}^3}}{\partial N}\,\frac{1}{E_1}-\frac{1}{\varrho_1{}^3}\,\frac{\partial\,\frac{1}{E_1}}{\partial N}\right]do,$$

wobei die Integration über die Fläche Φ zu erstrecken ist, während N die äufsere Normale des Integrationsgebietes, also die innere Normale von Φ bezeichnet.

Die Anwendung des Greenschen Satzes auf das Integral 6), das über den Aufsenraum von Φ zu erstrecken ist, ist leicht zu rechtfertigen, wenn man zunächst den endlichen Raum zwischen Φ und einer sehr grofsen, Φ rings umschliefsenden Kugel als Integrationsraum nimmt und dann den Radius der Kugel unendlich werden läfst. Bei diesem Grenzübergang verschwinden die über die Kugelfläche zu erstreckenden Integrale.

Nimmt man als Fläche Φ ein Ellipsoid, so wird F die Ovalfläche, die aus dem Ellipsoid durch Transformation mittels reziproker Radien von einem inneren Punkte P_0 entsteht, und V ist das Potential der von dieser Ovalfläche begrenzten homogenen Masse. Damit ist also, da in 7) über die Fläche Φ zu integrieren ist, das Potential des Ovaloids ausgedrückt durch das Potential einer Ellipsoidfläche, die mit Masse von der Dichtigkeit $\frac{\partial \frac{1}{\varrho_1^3}}{\partial N}$ einfach und zugleich mit Masse von dem Moment $\frac{1}{\varrho_1^3}$ doppelt belegt ist.

Speziell wollen wir für Φ ein verlängertes Rotationsellipsoid nehmen mit den Halbachsen a (Rotationsachse) und b und als Koordinatenachsen diese Achsen, als Anfangspunkt den Mittelpunkt. Führen wir elliptische Koordinaten σ, λ, φ ein, so wird

$$8)\quad \begin{cases} \xi = \sigma \cos\lambda, & \xi_1 = \sigma_1 \cos\lambda_1, & x_0 = \sigma_0 \cos\lambda_0, \\ \eta = \sqrt{\sigma^2 - e^2}\sin\lambda\cos\varphi, & \eta_1 = \sqrt{\sigma_1^2 - e^2}\sin\lambda_1\cos\varphi_1, & y_0 = \sqrt{\sigma_0^2 - e^2}\sin\lambda_0\cos\varphi_0, \\ \zeta = \sqrt{\sigma^2 - e^2}\sin\lambda\sin\varphi, & \zeta_1 = \sqrt{\sigma_1^2 - e^2}\sin\lambda_1\sin\varphi_1, & z_0 = \sqrt{\sigma_0^2 - e^2}\sin\lambda_0\sin\varphi_0, \end{cases}$$

$$e = \sqrt{a^2 - b^2}.$$

Hierin ist, da Π und P_0 innerhalb Φ liegen

$$\sigma < a, \quad \sigma_0 < a,$$

während für äufsere Punkte Π_1

$$\sigma_1 > a,$$

für Punkte der Oberfläche von Φ (also in dem Integral 7)

$$\sigma_1 = a$$

ist. Weiter wird das Oberflächenelement von Φ

$$9)\qquad do = \sqrt{a^2 - e^2\cos^2\lambda_1}\ \sqrt{a^2 - e^2}\sin\lambda_1\, d\lambda_1\, d\varphi_1$$

und

$$10) \qquad dN = -\left(\frac{\sqrt{\sigma_1^2 - e^2\cos^2\lambda_1}}{\sqrt{\sigma_1^2 - e^2}}\, d\sigma_1\right)_{\sigma_1 = a}.$$

Endlich ist E_1 der Abstand der Punkte, deren elliptische Koordinaten resp. σ, λ, φ und a, λ_1, φ_1 sind, und da $\sigma < a$, so wird nach einer bekannten Formel[1])

$$11) \qquad \frac{1}{E_1} = \frac{1}{e}\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{\nu=0}^{n} h_{n\nu}\, Q_\nu^n\left(\frac{a}{e}\right) P_\nu^n\left(\frac{\sigma}{e}\right) P_\nu^n(\cos\lambda)\, P_\nu^n(\cos\lambda_1)\cos\nu(\varphi_1 - \varphi),$$

worin

$$11\,a) \qquad h_{n\nu} = (-1)^\nu\, 2\,\frac{[1\cdot 3\cdots(2n-1)]^2}{(n+\nu)!\,(n-\nu)!}$$

ist, und für $\nu = 0$ ist die Hälfte zu nehmen. Entsprechende Ausdrücke ergeben sich für $1/\varrho$ und $1/\varrho_1$, da ϱ den Abstand der Punkte P_0 und Π, ϱ_1 den der Punkte P_0 und Π_1 bezeichnet. Aus 11) folgt:

$$11\,b) \qquad \int_0^{2\pi}\frac{d\varphi_1}{E_1} = \frac{2\pi}{e}\sum_{n=0}^{\infty}(2n+1)\, Q_n\left(\frac{a}{e}\right) P_n\left(\frac{\sigma}{e}\right) P_n(\cos\lambda)\, P_n(\cos\lambda_1).$$

b) Neue Reihe für das in Abschnitt IV behandelte Problem und Vergleichung mit dem früheren Resultat.

Die Formel 7) soll zunächst auf das in Abschnitt IV behandelte Ovaloid angewandt werden. Für dieses ist

$$x_0 = y_0 = z_0 = 0,$$

daher

$$\sigma_0 = e, \quad \lambda_0 = \frac{1}{2}\pi, \quad \varrho = \sqrt{\sigma^2 - e^2\sin^2\lambda}, \quad \varrho_1 = \sqrt{a^2 - e^2\sin^2\lambda_1}$$

und

[1]) Vgl. Heine, Handbuch der Kugelfunktionen, 2. Aufl., Bd. II, S. 100, 1881. In der Bezeichnung der zugeordneten Kugelfunktionen P_ν^n, Q_ν^n schliefse ich mich Heine an; die F. Neumannschen Funktionen $P_{n\nu}$, $Q_{n\nu}$ unterscheiden sich von diesen um einen konstanten Faktor. Bei den einfachen Kugelfunktionen P_n, Q_n setze ich den Index nach unten. Doch bezeichnet im folgenden Q_n die Heinesche Kugelfunktion zweiter Art, die Hälfte der von F. Neumann mit Q_n bezeichneten Funktion.

$$12)\qquad V = \frac{1}{6} R^4 (a^2 - e^2) \sqrt{\sigma^2 - e^2 \sin^2 \lambda} \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\pi} \left[- \frac{\partial (a^2 - e^2 \sin^2 \lambda)^{-\frac{3}{2}}}{\partial a} \cdot \frac{1}{E_1} + (a^2 - e^2 \sin^2 \lambda_1)^{-\frac{3}{2}} \frac{\partial \frac{1}{E_1}}{\partial a} \right] \sin \lambda_1 \, d\lambda_1$$

oder, wenn man für E_1 die Reihe 11) einsetzt und die Integration nach φ_1 ausführt:

$$13)\qquad V = \frac{\pi}{3} \frac{R^4}{e} (a^2 - e^2) \sqrt{\sigma^2 - e^2 \sin^2 \lambda} \sum_{n=0}^{\infty} (2n+1) P_n\left(\frac{\sigma}{e}\right) P_n(\cos\lambda) J_n,$$

wo

$$13\,a)\quad J_n = \int_0^{\pi} \left[3a (a^2 - e^2 \sin^2 \lambda_1)^{-\frac{5}{2}} Q_n\left(\frac{a}{e}\right) + \frac{1}{e} (a^2 - e^2 \sin^2 \lambda_1)^{-\frac{3}{2}} Q'_n\left(\frac{a}{e}\right) \right] P_n(\cos\lambda_1) \sin\lambda_1 \, d\lambda_1$$

ist; Q'_n ist die Ableitung von Q_n. Übrigens verschwindet J_n für ungerade n.

Nach dem, was oben bemerkt ist, ist $(a^2 - e^2 \sin^2 \lambda_1)^{\frac{1}{2}}$ der Wert, den E_1 für $\sigma = e$, $\lambda = \frac{1}{2}\pi$ annimmt. Setzt man aber in 11) $\sigma = e$, so wird $P_\nu^n(1) = 0$ für $\nu > 0$, und reduziert man $P_0^n(1)$ auf $P_n(1)$, so ist $P_n(1) = 1$. Aufserdem ist $P_n(0) = 0$ für ungerade n. Somit wird

$$14)\qquad (a^2 - e^2 \sin^2 \lambda_1)^{-\frac{1}{2}} = \frac{1}{e} \sum_{m=0}^{\infty} (4m+1) Q_{2m}\left(\frac{a}{e}\right) P_{2m}(0) P_{2m}(\cos\lambda_1)$$

und

$$14\,a)\qquad \int_0^{\pi} (a^2 - e^2 \sin^2 \lambda_1)^{-\frac{1}{2}} P_{2n}(\cos\lambda_1) \sin\lambda_1 \, d\lambda_1 = \frac{2}{e} Q_{2n}\left(\frac{a}{e}\right) P_{2n}(0).$$

Differentiiert man 14 a) ein- und zweimal nach a, so erhält man die in 13 a) auftretenden Integrale, und es wird

$$15)\qquad J_{2n} = \frac{2}{e^4} P_{2n}(0) \left[Q_{2n}\left(\frac{a}{e}\right) \frac{d \frac{Q'_{2n}\left(\frac{a}{e}\right)}{\left(\frac{a}{e}\right)}}{d\left(\frac{a}{e}\right)} - \frac{Q'_{2n}\left(\frac{a}{e}\right) Q'_{2n}\left(\frac{a}{e}\right)}{\left(\frac{a}{e}\right)} \right]$$

und

$$15\,a)\qquad V = \frac{\pi}{3} \frac{R^4}{e} (a^2 - e^2) \sqrt{\sigma^2 - e^2 \sin^2 \lambda} \sum_{n=0}^{\infty} (4n+1) P_{2n}\left(\frac{\sigma}{e}\right) P_{2n}(\cos\lambda) J_{2n}.$$

Mit 15a) ist eine neue Reihe für das Potential des in Abschnitt IV behandelten Ovaloids gefunden. Doch ist diese Reihe viel zu kompliziert, als dafs sie eine einfache Deutung zuliefse, insbesondere als dafs man die in IV entwickelten Resultate daraus ableiten könnte.

Dagegen ergibt sich durch Vergleichung der Reihe 15a) mit dem in IV abgeleiteten Resultate eine neue Formel für Kugelfunktionen. In IV war für V der folgende Wert abgeleitet [vgl. Gl. 19) S. 35, in der hier die Integrationsvariable mit t statt mit ϱ bezeichnet werden möge]:

16) $$V = \frac{2}{3}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\beta} f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2 - t^2}\right)\frac{\partial \frac{t}{E}}{\partial t}\frac{dt}{\sqrt{\beta^2 - t^2}},$$

in der E den Abstand der Punkte bezeichnet, deren Polarkoordinaten resp. r, ϑ, φ und t, $\frac{1}{2}\pi$, φ_1 sind. Um 15a) und 16) vergleichen zu können, müssen wir die genannten Polarkoordinaten durch die elliptischen Koordinaten σ, λ, φ und σ_1, λ_1, φ_1 ausdrücken. Da $x_0 = y_0 = z_0 = 0$ ist, folgt aus 2) und 8) (S. 66, 68)

17) $$r\cos\vartheta = \frac{R^2\sigma\cos\lambda}{\sigma^2 - e^2\sin^2\lambda}, \quad r\sin\vartheta = \frac{R^2\sqrt{\sigma^2 - e^2}\sin\lambda}{\sigma^2 - e^2\sin^2\lambda},$$

während φ bleibt. Entsprechende Beziehungen finden zwischen r_1, ϑ_1 und σ_1, λ_1 statt. Da aber in 16) $\vartheta_1 = \frac{1}{2}\pi$, $r_1 = t$ war, so ist

17a) $$\lambda_1 = \frac{1}{2}\pi, \; t = \frac{R^2}{\sqrt{\sigma_1^2 - e^2}},$$

und den Grenzen $t = 0$ und $t = \beta$ entsprechen die Grenzen $\sigma_1 = \infty$ und $\sigma_1 = \sqrt{e^2 + \frac{R^4}{\beta^2}} = \overline{\sigma_1}$. Ferner folgt aus 2a) (S. 67):

17b) $$E = \frac{R^2 E'_1}{\varrho\,\varrho_1},$$

worin

17c) $$\varrho = \sqrt{\sigma^2 - e^2\sin^2\lambda}, \; \varrho_1 = \sqrt{\sigma_1^2 - e^2}$$

ist, während für $1/E'_1$ die Reihe 11) gilt, wenn man darin $\cos\lambda_1 = 0$ und σ_1 an Stelle von a setzt. Die Konstante β hat den Wert [Gl. 7), S. 31]:

17d) $$\beta = \frac{1}{2}\sqrt{a_1^2 - b_1^2} = \frac{R^2}{2}\frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{ab} = \frac{R^2}{2}\frac{e}{a\sqrt{a^2 - e^2}},$$

so dafs

17 e) $$\overline{\sigma_1} = \sqrt{e^2 + \frac{R^4}{\beta^2}} = \frac{2a^2 - e^2}{e}$$

wird. Endlich werde

$$f\left(\frac{1}{\beta}\sqrt{\beta^2 - t^2}\right) = F(\sigma_1).$$

Demnach geht die Gleichung 16) nach Einführung der elliptischen an Stelle der Polarkoordinaten in folgende über:

18) $$V = -\frac{4}{3}\frac{\sqrt{\sigma^2 - e^2\sin^2\lambda}}{R^2 e}\, a\sqrt{a^2 - e^2}\int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_{\overline{\sigma_1}}^{\infty} F(\sigma_1)\,\frac{\sqrt{\sigma_1^2 - e^2}}{\sqrt{\sigma_1^2 - \overline{\sigma_1}^2}}\,\frac{\partial \frac{1}{E'_1}}{\partial \sigma_1}\, d\sigma_1.$$

Setzt man hierin für $1/E'_1$ die Reihe, die dadurch aus 11) entsteht, dafs $\lambda_1 = \frac{1}{2}\pi$ und σ_1 an Stelle von a gesetzt wird, integriert nach φ_1 und beachtet, dafs $P_{2n+1}(0) = 0$ ist, so wird

$$\int_0^{2\pi} \frac{1}{E'_1}\, d\varphi_1 = \frac{2\pi}{e}\sum_{n=0}^{\infty}(4n+1)\, Q_{2n}\left(\frac{\sigma_1}{e}\right) P_{2n}\left(\frac{\sigma}{e}\right) P_{2n}(\cos\lambda)\, P_{2n}(0)$$

und

19) $$V = -\frac{8\pi}{3}\frac{\sqrt{\sigma^2 - e^2\sin^2\lambda}\; a\sqrt{a^2 - e^2}}{R^2 e^3}\sum_{n=0}^{\infty}(4n+1)\, P_{2n}\left(\frac{\sigma}{e}\right) P_{2n}(\cos\lambda)\, P_{2n}(0)\, J'_{2n},$$

wo

19 a) $$J'_{2n} = \int_{\overline{\sigma_1}}^{\infty} F(\sigma_1)\,\frac{\sqrt{\sigma_1^2 - e^2}}{\sqrt{\sigma_1^2 - \overline{\sigma_1}^2}}\, Q'_{2n}\left(\frac{\sigma_1}{e}\right) d\sigma_1$$

ist. Die Vergleichung der Reihen 15 a) und 19), die beide dasselbe V darstellen, ergibt für das Integral 19 a) folgenden Wert:

20) $$J'_{2n} = \frac{R^6\sqrt{a^2 - e^2}}{4e^2 a}\left[\frac{Q'_{2n}\left(\frac{a}{e}\right) Q'_{2n}\left(\frac{a}{e}\right)}{\frac{a}{e}} - Q_{2n}\left(\frac{a}{e}\right)\frac{d\,\frac{Q'_{2n}\left(\frac{a}{e}\right)}{\frac{a}{e}}}{d\left(\frac{a}{e}\right)}\right].$$

In dem Integral 19 a) führen wir an Stelle von σ_1 die Integrationsveränderliche

$$\frac{\sigma_1}{e} = x$$

ein und setzen zugleich

$$\frac{a}{e} = c \qquad (c > 1),$$

so wird

$$\frac{\overline{\sigma_1}}{e} = 2c^2 - 1.$$

Die Funktion $F(\sigma_1)$ ergibt sich aus der S. 31, Gl. 8) definierten Funktion $f(\cos u)$, wenn man darin $\beta \sin u = t = \frac{R^2}{\sqrt{\sigma_1^2 - e^2}} = \frac{R^2}{e\sqrt{x^2-1}}$ setzt. Die Konstante β ist nach 17 d):

$$\beta = \frac{R^2}{2e} \frac{1}{c\sqrt{c^2-1}},$$

und ebenso wird die in f enthaltene Konstante α

$$\alpha = \frac{1}{2}\sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \frac{R^2}{2}\frac{\sqrt{a^2+b^2}}{ab} = \frac{R^2}{2}\frac{\sqrt{2a^2-e^2}}{a\sqrt{a^2-e^2}} = \frac{R^2}{2e}\frac{\sqrt{2c^2-1}}{c\sqrt{c^2-1}},$$

daher

21) $$F(\sigma_1) = \frac{1}{x^2-1} \cdot \left(\frac{R^2}{2ec\sqrt{c^2-1}}\right)^3 (\psi_1 + \psi_2),$$

worin ψ_1 und ψ_2 folgende Bedeutung haben:

22) $$\begin{cases} \psi_1 = [(2c^2-1)\sqrt{x^2-1} + \sqrt{x^2-(2c^2-1)^2}]^{\frac{3}{2}} [\sqrt{x^2-1} + \sqrt{x^2-(2c^2-1)^2}]^{\frac{1}{2}}, \\ \psi_2 = [(2c^2-1)\sqrt{x^2-1} - \sqrt{x^2-(2c^2-1)^2}]^{\frac{3}{2}} [\sqrt{x^2-1} - \sqrt{x^2-(2c^2-1)^2}]^{\frac{1}{2}}. \end{cases}$$

Substituiert man diese Ausdrücke in 19 a), resp. 20), so erhält man das Resultat:

23) $$\int_{2c^2-1}^{\infty} \frac{Q'_{2n}(x)}{\sqrt{x^2-1}\sqrt{x^2-(2c^2-1)^2}} [\psi_1 + \psi_2]\, dx = 2c^2(c^2-1)^2 \left[\frac{Q'_{2n}(c)\, Q'_{2n}(c)}{c} - Q_{2n}(c) \frac{d\frac{Q'_{2n}(c)}{c}}{dc}\right].$$

c) Neue Reihe für das in Abschnitt II behandelte Problem und Vergleichung beider Resultate.

Bei dem in II. behandelten Problem war der auf der positiven Seite der Rotationsachse gelegene Brennpunkt das Transformationszentrum, d. h. es ist hier in 8)

$$x_0 = e = \sqrt{a^2 - b^2}, \quad y_0 = 0, \quad z_0 = 0$$

zu setzen, daher wird

$$\sigma_0 = e,\ \lambda_0 = 0,\ \varrho = \sigma - e\cos\lambda,\ \varrho_1 = a - e\cos\lambda_1,$$

und die Gleichung 7) ergibt hier:

12') $$V =$$

$$\frac{1}{6} R^4 (\sigma - e\cos\lambda)\ (a^2 - e^2) \int_0^{2\pi} d\varphi_1 \int_0^{\pi} \left[- \frac{\partial \frac{1}{(a - e\cos\lambda_1)^3}}{\partial a} \frac{1}{E_1} + \frac{1}{(a - e\cos\lambda_1)^3} \frac{\partial \frac{1}{E_1}}{\partial a} \right] \sin\lambda_1\, d\lambda_1,$$

welche Gleichung mittels der Formel 11 b) S. 69 in

13') $$V = \frac{\pi}{3} \frac{R^4 (\sigma - e\cos\lambda)\ (a^2 - e^2)}{e} \sum_{n=0}^{\infty} (2n+1)\, P_n\left(\frac{\sigma}{e}\right) P_n(\cos\lambda) \cdot \bar{J}_n$$

übergeht, wo

13 a') $$\bar{J}_n = \int_0^{\pi} \left[\frac{3\, Q_n\left(\frac{a}{e}\right)}{(a - e\cos\lambda_1)^4} + \frac{\frac{1}{e} Q'_n\left(\frac{a}{e}\right)}{(a - e\cos\lambda_1)^3} \right] P_n(\cos\lambda_1) \sin\lambda_1\, d\lambda_1$$

ist.

Da $a > e$, $\cos^2\lambda_1 < 1$, so ist

14') $$\frac{1}{a - e\cos\lambda_1} = \frac{1}{e} \sum_{m=0}^{\infty} (2m+1)\, Q_m\left(\frac{a}{e}\right) P_m(\cos\lambda_1)$$

und

14 a') $$\int_0^{\pi} \frac{P_n(\cos\lambda_1) \sin\lambda_1\, d\lambda_1}{a - e\cos\lambda_1} = \frac{2}{e} Q_n\left(\frac{a}{e}\right).$$

Differentiiert man diese Gleichung zweimal, resp. dreimal nach a, so ergeben sich die in 13 a') auftretenden Integrale, und es wird somit

15') $$\bar{J}_n = \frac{1}{e^4} \left[Q'_n\left(\frac{a}{e}\right) Q''_n\left(\frac{a}{e}\right) - Q_n\left(\frac{a}{e}\right) Q'''_n\left(\frac{a}{e}\right) \right].$$

Man kann der Gleichung 15') durch Benutzung der Differentialgleichung der Kugelfunktionen noch folgende Form geben:

15'') $$J_n \cdot (a^2 - e^2) = \frac{2}{e^2} \left[Q_n\left(\frac{a}{e}\right) Q'_n\left(\frac{a}{e}\right) + 2\,\frac{a}{e}\, Q_n\left(\frac{a}{e}\right) Q''_n\left(\frac{a}{e}\right) - \frac{a}{e}\, Q'_n\left(\frac{a}{e}\right) Q'_n\left(\frac{a}{e}\right) \right].$$

In 13') ist eine neue Reihe für das Potential des in Abschnitt II behandelten Ovaloids gefunden. Indessen läfst auch diese Reihe keine einfache Deutung zu; insbesondere scheint es unmöglich, aus ihr das S. 15—16 ausgesprochene einfache Resultat abzuleiten. Dagegen kann man aus der Vergleichung

von 13′) mit der Gleichung 10) S. 14 eine neue Formel für Kugelfunktionen gewinnen. Dazu mufs man die in letzterer Gleichung auftretenden Polarkoordinaten r, ϑ, φ und $r_1, \vartheta_1, \varphi_1$ durch die elliptischen Koordinaten σ, λ, φ und $\sigma_1, \lambda_1, \varphi_1$, ferner die Konstanten A, B durch a, e ausdrücken. Beachtet man, dafs in Abschnitt II der Brennpunkt F des Ausgangsellipsoids Pol der Polarkoordinaten war, während im gegenwärtigen Abschnitt der Mittelpunkt dieses Ellipsoids der Anfangspunkt der Koordinaten ist, so folgt aus den Gl. 2) und 8) (S. 66, 68) mit Rücksicht auf den Wert, den ϱ hier annimmt:

17′) $$r\cos\vartheta = \frac{R^2(\sigma\cos\lambda - e)}{(\sigma - e\cos\lambda)^2}, \quad r\sin\vartheta = \frac{R^2\sqrt{\sigma^2 - e^2}\sin\lambda}{(\sigma - e\cos\lambda)^2},$$

während φ bleibt. Analog wird

17″) $$r_1\cos\vartheta_1 = \frac{R^2(\sigma_1\cos\lambda_1 - e)}{(\sigma_1 - e\cos\lambda_1)^2}, \quad r_1\sin\vartheta_1 = \frac{R^2\sqrt{\sigma_1^2 - e^2}\sin\lambda_1}{(\sigma_1 - e\cos\lambda_1)^2}.$$

In Gleichung 10) S. 14 war nun über die Oberfläche der Kugel

$$r_1 = B\cos\vartheta_1 \quad \text{oder} \quad r_1^2 = B\,r_1\cos\vartheta_1$$

zu integrieren. [Da ϱ in Gl. 11) S. 14 eine andere Bedeutung hat als im gegenwärtigen Abschnitt, ersetze ich das dortige ϱ durch r_1], und darin ist

$$B = \frac{R^2\sqrt{a^2 - b^2}}{b^2} = \frac{R^2 e}{a^2 - e^2}.$$

Mithin wird die Kugelgleichung

$$\frac{R^4}{(\sigma_1 - e\cos\lambda_1)^2} = \frac{R^4 e}{a^2 - e^2}\,\frac{\sigma_1\cos\lambda_1 - e}{(\sigma_1 - e\cos\lambda_1)^2}$$

oder

17 a′) $$\sigma_1\cos\lambda_1 = \frac{a^2}{e} \quad \text{oder} \quad \sigma_1 = \frac{a^2}{e\cos\lambda_1}.$$

Setzt man den Ausdruck 17 a′) für σ_1 in 17″) ein, so ergibt sich zwischen ϑ_1 und λ_1 die Beziehung

18′) $$\cos\vartheta_1 = \frac{(a^2 - e^2)\cos\lambda_1}{a^2 - e^2\cos^2\lambda_1},$$

woraus

18 a′) $$\sin\vartheta_1\cos^2\vartheta_1\,d\vartheta_1 = \frac{(a^2 - e^2)^3\,(a^2 + e^2\cos^2\lambda_1)\cos^2\lambda_1\sin\lambda_1\,d\lambda_1}{(a^2 - e^2\cos^2\lambda_1)^4}$$

folgt; und den Grenzen $\vartheta_1 = 0$, $\vartheta_1 = \frac{1}{2}\pi$ entsprechen die Grenzen $\lambda_1 = 0$ und $\lambda_1 = \frac{1}{2}\pi$.

Weiter ist in Formel 10) S. 14 E der Abstand eines Punktes P_1 unserer Kugelfläche von dem Aufpunkt P. Wir sehen zunächst von dieser speziellen Lage des Punktes P_1 ab und nennen $\overline{E}$ den Abstand des Aufpunktes P von einem beliebigen Punkte $P_1\,(r_1,\ \vartheta_1,\ \varphi_1)$, also

19') $$\overline{E}^2 = r^2 + r_1^2 - 2\,r\,r_1\cos\gamma \qquad (r_1 < r),$$

so wird nach Gl. 2a) S. 67 mit Rücksicht auf die Werte, die ϱ und ϱ_1 hier annehmen

19a') $$\frac{1}{\overline{E}} = \frac{(\sigma - e\cos\lambda)\,(\sigma_1 - e\cos\lambda_1)}{R^2\,E'_1},$$

wo E'_1 den Abstand der zu P und P_1 reziproken Punkte Π und Π_1 bezeichnet, d. h. den Abstand der Punkte, deren elliptische Koordinaten $\sigma,\ \lambda,\ \varphi$ und $\sigma_1,\ \lambda_1,\ \varphi_1$ sind. Für $1/E'_1$ gilt also die Gl. 11) S. 69, darin a durch σ_1 ersetzt, ebenso die Gl. 11b) die hier lautet:

20') $$\int_0^{2\pi}\frac{d\varphi_1}{E'_1} = \frac{2\pi}{e}\sum_{n=0}^{\infty}(2n+1)\,Q_n\left(\frac{\sigma_1}{e}\right)P_n\left(\frac{\sigma}{e}\right)P_n(\cos\lambda)\,P_n(\cos\lambda_1).$$

Ferner geht $\overline{E}$ in E über, wenn $r_1 = B\cos\vartheta_1$, d. h. wenn für σ_1 der Ausdruck 17a') gesetzt wird.

In Gl. 10) S. 14 tritt neben E der Ausdruck $B\dfrac{\partial\dfrac{1}{\overline{E}}}{\partial B}$ auf, und es ist

21') $$B\frac{\partial\frac{1}{\overline{E}}}{\partial B} = \left(r_1\frac{\partial\frac{1}{\overline{E}}}{\partial r_1}\right)_{r_1 = B\cos\vartheta_1}.$$

Nach 19a') ist aber

22') $$r_1\frac{\partial\frac{1}{\overline{E}}}{\partial r_1} = \frac{r_1\,(\sigma - e\cos\lambda)}{R^2}\left[\frac{\partial\frac{\sigma_1 - e\cos\lambda_1}{E'_1}}{\partial\sigma_1}\frac{\partial\sigma_1}{\partial r_1} + \frac{\partial\frac{\sigma_1 - e\cos\lambda_1}{E'_1}}{\partial\lambda_1}\frac{\partial\lambda_1}{\partial r_1}\right],$$

und aus 17'') folgt:

23') $$\begin{cases} \dfrac{\partial\sigma_1}{\partial r_1} = \dfrac{-(\sigma_1^2 - e^2)\,(\sigma_1 - e\cos\lambda_1)^2}{R^2\,(\sigma_1^2 - e^2\cos^2\lambda_1)}, \\ \dfrac{\partial\lambda_1}{\partial r_1} = \dfrac{-e\sin\lambda_1\,(\sigma_1 - e\cos\lambda_1)^2}{R^2\,(\sigma_1^2 - e^2\cos^2\lambda_1)} \\ r_1 = \dfrac{R^2}{\sigma_1 - e\cos\lambda_1}, \end{cases}$$

so dafs 22') in folgende Gleichung übergeht:

$$24') \quad r_1 \frac{\partial \frac{1}{\bar{E}}}{\partial r_1} = -\frac{(\sigma - e\cos\lambda)(\sigma_1 - e\cos\lambda_1)}{R^2}\left[\frac{1}{E'_1} + \frac{\frac{\partial \frac{1}{E'_1}}{\partial \sigma_1} + e\sin\lambda_1 \frac{\partial \frac{1}{E'_1}}{\partial \lambda_1}}{\sigma_1 + e\cos\lambda_1}\right].$$

Integriert man nach φ_1 und benutzt 20'), so ergibt sich:

$$25') \quad \int_0^{2\pi} r_1 \frac{\partial \frac{1}{\bar{E}}}{\partial r_1} d\varphi_1 = -\frac{(\sigma - e\cos\lambda)(\sigma_1 - e\cos\lambda_1)}{R^2} \frac{2\pi}{e} \sum_{n=0}^{\infty} (2n+1) P_n\left(\frac{\sigma}{e}\right) P_n(\cos\lambda) K_n,$$

wo zur Abkürzung

$$25\,a') \quad K_n = Q_n\left(\frac{\sigma_1}{e}\right) P_n(\cos\lambda_1) + \frac{\frac{\sigma_1^2 - e^2}{e} Q'_n\left(\frac{\sigma_1}{e}\right) P_n(\cos\lambda_1) - e\sin^2\lambda_1\, Q_n\left(\frac{\sigma_1}{e}\right) P'_n(\cos\lambda_1)}{\sigma_1 + e\cos\lambda_1}$$

gesetzt ist. Q'_n und P'_n sind die Ableitungen der Funktionen Q_n und P_n. Schliefslich ist noch

$$A = \frac{R^2 a}{b^2} = \frac{R^2 a}{a^2 - e^2}.$$

Nach alledem nimmt die Gleichung 10) S. 14 nach Einführung der elliptischen Koordinaten folgende Form an:

$$26') \quad V = \frac{4\pi}{3} \frac{R^4 a}{e^2} (\sigma - e\cos\lambda) \sum_{n=0}^{\infty} (2n+1) P_n\left(\frac{\sigma}{e}\right) P_n(\cos\lambda) \bar{J}'_n,$$

worin

$$26\,a') \quad \bar{J}'_n = \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \frac{\sin\lambda_1\, d\lambda_1}{(a^2 - e^2\cos^2\lambda_1)^3} \Big[(a^2 + 3e^2)(a^2 + e^2\cos^2\lambda_1)\cos\lambda_1\, P_n Q_n$$
$$- \frac{2a^2}{e^2}(a^4 - e^4\cos^2\lambda_1) Q'_n P_n + 2a^2 e^2 \sin^2\lambda_1 \cos^2\lambda_1\, Q_n P'_n\Big]$$

ist. Hierin sind die Argumente der Kugelfunktionen der Kürze halber fortgelassen. Es sind folgende: P_n und P'_n haben das Argument $\cos\lambda_1$, Q_n und Q'_n das Argument $\frac{a^2}{e^2\cos\lambda_1}$. — Damit sind für V zwei verschiedene Reihen gefunden, 13') und 26'). Die Vergleichung beider ergibt folgende Relation zwischen dem Integral $\bar{J}'_n$ [Gl. 26 a')] und dem Ausdruck $\bar{J}_n$ [Gl. 15'']:

$$27') \quad \bar{J}'_n = \frac{e(a^2 - e^2)}{4a} \bar{J}_n.$$

Führt man an Stelle von λ_1 die Integrationsvariable $x = \cos\lambda_1$ ein und setzt zugleich

$$28') \qquad \frac{a}{e} = c,$$

so nimmt die Gleichung 27'), vollständig ausgeschrieben, folgende Gestalt an:

$$29') \quad \int_0^1 \frac{dx}{(c^2-x^2)^3}\Big[(c^2+3)(c^2+x^2)\,x\,P_n(x)\,Q_n\left(\frac{c^2}{x}\right) - 2c(c^4-x^2)\,Q'_n\left(\frac{c^2}{x}\right)P_n(x) + 2c^2x^2(1-x^2)\,Q_n\left(\frac{c^2}{x}\right)P'_n(x)\Big]$$
$$= \frac{Q_n(c)\,Q'_n(c)}{2c} + Q_n(c)\,Q''_n(c) - \frac{1}{2}\,Q'_n(c)\,Q'_n(c), \qquad (c>1). \;-$$

Weitere Relationen, die der vorstehenden Gleichung, resp. der Gleichung 23) S. 73 analog sind, könnte man aus den übrigen Problemen, die in den Abschnitten III und V—VIII behandelt sind, herleiten. Ich gehe aber hier nicht darauf ein.

Verbesserung.

Auf S. 10 Zeile 3 von oben ist $\sum_1^{\infty}$ an Stelle von $\sum_1^{n}$ zu setzen.

Inhaltsübersicht.

Seite

Einleitung 3

Abschnitt I. Neue Ableitung zweier C. Neumannschen Resultate über das logarithmische Potential 5

a) Ovalfläche, deren Randkurve durch Inversion einer Ellipse vom Mittelpunkte aus entsteht 5

b) Das Inversionszentrum ist ein Brennpunkt 8

Abschnitt II. Das Potential des Ovaloids, dessen Oberfläche aus einem verlängerten Rotationsellipsoid durch Transformation mittels reziproker Radien von einem Brennpunkte aus entsteht 11

a) Ableitung der ersten Form des Resultats 11

b) Umformung des Resultats 17

Zusatz. Ableitung der benutzten Hilfsformeln 21

Abschnitt III. Das Potential des Ovaloids, dessen Oberfläche aus einem abgeplatteten Rotationsellipsoid durch Transformation mittels reziproker Radien vom Mittelpunkte aus entsteht 23

a) Ableitung zweier Hilfsformeln 23

b) Lösung des Problems 24

Abschnitt IV. Die gleiche Aufgabe für ein verlängertes Rotationsellipsoid als Ausgangsellipsoid 30

Dreifache Deutung des Resultats 33

Zusatz 1. Grenzfall der Ringfläche, die durch Rotation eines Kreises um eine seiner Tangenten entsteht 39

Zusatz 2. Andere Form des Resultats 40

Abschnitt V. Allgemeiner Ansatz und Anwendung auf die Kugel sowie auf Rotationsellipsoide mit kleiner Exzentrizität 41

a) Allgemeiner Ansatz 41

b) Formeln, die sich bei Anwendung auf die Kugel ergeben 42

c) Ableitung einer weiteren Formel 44

d) Fall, in dem das Ausgangsellipsoid ein Rotationsellipsoid von sehr kleiner Exzentrizität ist 46

Abschnitt VI. Das Ausgangsellipsoid ist ein verlängertes Rotationsellipsoid, das Transformationszentrum liegt dem Brennpunkt sehr nahe 48

Abschnitt VII. Das Ausgangsellipsoid ist ein abgeplattetes Rotationsellipsoid, das Transformationszentrum liegt auf der Achse dem Mittelpunkte sehr nahe 53

Seite

Abschnitt VIII. Das Ausgangsellipsoid ist ein verlängertes Rotationsellipsoid, das Transformationszentrum liegt auf der Achse dem Mittelpunkte sehr nahe 60

Abschnitt IX. Anderer Ansatz der behandelten Probleme. Anwendung elliptischer Koordinaten 66

a) Ableitung einer allgemeinen Formel 66

b) Neue Reihe für das in Abschnitt IV behandelte Problem und Vergleichung mit dem früheren Resultat 69

c) Neue Reihe für das im Abschnitt II behandelte Problem und Vergleichung beider Resultate 73

NOVA ACTA.

Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher.

Band C. Nr. 2.

Die Selbstregulation

ein charakteristisches und nicht notwendig vitalistisches Vermögen aller Lebewesen.

Von

Wilhelm Roux.

Eingegangen bei der Akademie am 12. Mai 1914.

HALLE.

1914.

Druck von Ehrhardt Karras G. m. b. H. in Halle (Saale).

Für die Akademie in Kommission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

Inhaltsübersicht.

I. Die funktionelle Definition des Lebens 7
Die neun Lebensleistungen 7
Inaktiver Zustand von Lebewesen 8
Unterscheidung von Determinations- und Realisations- resp. Sustentationsfaktoren des Lebens 9
Allgemeine Charaktere dieser Leistungen: 9
Das Lebensgeschehen ist Selbsttätigkeit, Autoergasie der Lebewesen: . 9
a) qualitative Selbstbestimmung, Autodetermination 9
Die neun „Selbstleistungen" der Lebewesen 10
b) Selbsterhaltung, Autosustentatio der Lebewesen 11
c) Selbstnützlichkeit, Autophelie der Lebewesen 11
II. Die Selbstregulation der Lebewesen 12
A. Ableitung ihrer Notwendigkeit aus der Dauer der Lebewesen im Wechsel der Umstände 13
Die Dauerfähigkeit der einfachen Assimilationsprozesse 15
Die Notwendigkeit der Überkompensation in der Assimilation 16
Die Funktion 17
Notwendigkeit der Reflextätigkeit 19
Notwendigkeit der Regulation des Verbrauchs 20
Notwendigkeit der Regulation der Nahrungsaufnahme 21
Notwendigkeit der Regulation der Ausscheidung 21
Dauerfähigkeit der vom funktionellen Reiz abhängigen Assimilation . . . 22
Funktionelle Anpassung 22
Theorie der dauerfähigen Transplantation oder Implantation 24
Selbstregulation als allgemeine Eigenschaft der Lebewesen 26
Ähnliche Definitionen des Lebens: H. Spencer, G. Wolff 31
B. Die „gestaltenden" Regulationen 35
Die Regulationen durch funktionelle Anpassung 36
Die Regulationen des generativen Keimplasma 37
Die Regulationen des individuellen Entwicklungsgeschehens 39
Die Regulationen der entwickelten Gestaltungen: Regeneration, Postgeneration usw. 43
C. Äußerungen über Psychomorphologie 48

III. Allgemeines über die organischen Regulationen 53
A. Definition dieser Regulationen 53
B. Die organischen Regulationen sind „Selbstregulationen“ des Lebensgeschehens 55
C. Sind die organischen Regulationen „Zweckmäfsigkeiten“ oder blofs „Dauerfähigkeiten“? 56
Bedeutung der Superregeneration Barfurths gegen die vitalistische Deutung der Regulationen 58
Naturgesetze wirken nicht 61
Definition der Entwicklungsmechanik 62
D. Sind Drieschs morphologische Beweise der Autonomie des Lebens wirkliche Beweise? 63
Mechanistische Erklärung der Regeneration 45, 51, 56, 65
„ „ „ Vermehrung der Lebewesen 67
Falsche Buchführung der Vitalisten 71
E. Zur mechanistischen Erklärung der funktionellen Anpassung: . . . 73
der hämodynamischen Gestaltung der Blutgefäfse 74
Widerlegung der vitalistischen Einwendungen 75
Kausale Bedeutung des sogen. biogenetischen Grundgesetzes. . . . 76
Entstehung „anorganischer“ Selbstregulationen 79
Die Flamme hat schon drei Elementarfunktionen der Lebewesen und zwei Selbstregulationen 79
Regulationen der Kristalle 80
Angebliche Zwecktätigkeit in der „anorganischen“ Natur 82
Möglichkeit der künstlichen Herstellung des Lebens durch sukzessive Züchtung der Elementarleistungen 84
IV. Kurze Definition des Lebens 86
V. Ergebnisse 88

Dieser hundertste Band der Nova Acta soll mit dem, was er Neues bringt, zugleich auch der Erinnerung an Vergangenes, an die im Jahre 1757 erfolgte Gründung dieser Publikationen dienen. So möge es gestattet sein, nachstehend zunächst an eine vor mehr als drei Dezennien von mir gewonnene Erkenntnis vom Wesen des Lebens zu erinnern, um danach, bei dem Versuch ihrer Deutung in den jetzt wieder einmal lebhaft entbrannten Kampf zwischen Mechanisten und Vitalisten einzugreifen und durch eine andere Grundannahme über die physische Organisation der Lebewesen, als die von den Vitalisten verwendete, ihrer Auffassung den Boden zu entziehen.

Das zu behandelnde Gebiet betrifft zunächst die Vervollständigung der Definition des Lebens. Dieses Problem ist in den letzten Dezennien vielfach diskutiert worden; meist geschah dies ohne Kenntnis des hier zu Reproduzierenden.[1]) Vielleicht beruht letzteres darauf, dafs die Originalpublikation nur ein Kapitel eines zudem seit lange vergriffenen Buches[2]) darstellte. Der Neudruck dieser ersten Darlegungen soll noch durch Beifügung späterer Äufserungen vervollständigt werden.

---

[1]) So zuletzt von E. A. Schaefer unter dem Titel: Das Leben, sein Wesen, sein Ursprung und seine Erhaltung. Präsidialrede, gehalten zur Eröffnung der „British Association to the Advancement of Science“ in Dundee, September 1912. Deutsch von Charlotte Fleischmann. Berlin, Jul. Springer, 1913. 67 S.

[2]) W. Roux, Der Kampf der Teile im Organismus. Leipzig 1881.

I.

Die funktionelle Definition der Lebewesen.

In den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts war es, wie übrigens auch jetzt, noch nicht gelungen, eine annähernd zureichende statische, den physikalisch-chemischen Bau ausreichend bezeichnende Definition der einfachsten Lebewesen zu geben.

Ernst Haeckel definierte daher die Lebewesen rein funktionell, also nach ihren Leistungen;[1]) er nannte „Organismen“ alle jene Naturkörper, welche die eigentümlichen Bewegungserscheinungen des „Lebens“ und namentlich ganz allgemein diejenige der Ernährung, ferner willkürliche Bewegung, Empfindung und eventuell Fortpflanzung zeigen.

Das ist von allen damaligen, durchweg an konkretem Inhalt sehr armen und daher sehr unbestimmten Definitionen die beste. Sie sei hier noch etwas mehr detailliert bezw. vervollständigt.

Die Ernährung ist ein Hauptteil des Stoffwechsels. Dieser umfafst: 1. Die Veränderung (Dissimilation); 2. die Ausscheidung des bis zur Unbrauchbarkeit Veränderten; 3. die Aufnahme von Nahrung und die Aufspeicherung derselben sowie von Energie (Ektropismus, G. Hirth, F. Auerbach); 4. die Assimilation der Nahrung zum Ersatz des Veränderten und Ausgeschiedenen. Dazu kommen noch 5. das Wachstum, 6. die aktive Bewegung, 7. die Vermehrung der Zahl der Lebewesen mit Erhaltung ihrer Eigenart bei der Vermehrung durch 8. Vererbung.

Von den allerniedersten abgesehen, kommt allen Lebewesen aufser diesen acht Leistungen noch 9. das Vermögen der typischen Entwicklung: die Bildung bestimmter Gestaltung zu.

[1]) E. Haeckel, Generelle Morphologie der Organismen, 1866, Bd. I, S. 112.

Die höheren Lebewesen haben noch besondere Leistungen, die vielleicht auch niederen Lebewesen in einfachster, noch nicht genügend festgestellter Weise eigen sind, so seelische Erhaltungs- und Betriebsleistungen: Gefühls-, Willens-, Erkenntnisvermögen. Von diesen sehen wir hier ab.

Die meisten Lebewesen können Zustände oder bestimmte Perioden haben, in denen sie einige oder alle diese Leistungen nicht vollziehen; jedes hat aber unter geeigneten Umständen das Vermögen, die Potenz zu diesen Leistungen. Sporen, unbefruchtete Eier vollziehen nur in sehr beschränktem Maſse Lebensfunktionen; ferner können viele Lebewesen ganz eintrocknen oder einfrieren und üben in diesem Zustande keine oder fast keine Lebenstätigkeit aus. Sie sind also inaktive Lebewesen, welche aber das Vermögen haben, im vollen obigen Sinne aktiv zu werden, da unter geeigneten Umständen die Sporen, Eier und Samenkörper sich entwickeln und voll aktive Lebewesen produzieren können, und da manche eingetrocknete oder eingefrorene Lebewesen wieder ganz lebensfähig werden können.

Von diesen Zuständen des noch Unentwickeltseins sowie der Inaktivität sehen wir hier gleichfalls ab. Wir charakterisieren hier die Lebenstätigkeit, also die im vollen Sinne aktiven Lebewesen.

Indem wir auch von den Besonderheiten der höheren Lebewesen absehen, fragen wir:

Ist in den obigen neun Funktionen alles, was die Lebewesen allgemein leisten, erschöpft, und ist dasselbe auch in dieser Schilderung bereits erschöpfend charakterisiert, oder gehört zum Lebewesen doch noch anderes, nicht Inbegriffenes, das allen Lebewesen eigen ist?

Zunächst sind noch einige bereits in diesen neun Leistungen enthaltene besondere Eigenschaften zu erkennen und zu charakterisieren.

Zu allen diesen Leistungen der Lebewesen ist etwas von „aufsen her“ nötig: Nahrung und ev. reine Energie in Form von Wärme oder Licht. Das Lebewesen bewirkt also nicht für sich allein alle diese Leistungen. Es sind aufser den inneren auch äufsere Faktoren dazu erforderlich. Wir müssen dabei aber doch eine recht wesentliche Unterscheidung beider machen.

Die äufseren Faktoren: Nahrung, Meerwasser, Wärme, Licht sind grofsen Gruppen von Lebewesen gemeinsam nötig; sie können also wohl

die Existenz der Lebewesen mitbewirken, nicht aber die „spezifischen Verschiedenheiten“ der Lebewesen in deren Gestaltungen und Funktionen bestimmen.

Die Eigenart der verschiedenen Lebewesen in der spezifischen Beschaffenheit ihres Baues und in der Besonderheit ihrer Leistungen mufs also innerhalb jedes Lebewesens selber bestimmt, determiniert sein. Diese inneren, die Eigenart „bestimmenden“ Faktoren müssen daher von den indifferenter wirkenden äufseren Faktoren streng gesondert werden. Ich nannte erstere Determinationsfaktoren, letztere dagegen, welche blofs zur „Ausführung“, zur „Realisation“ des von ersteren Determinierten nötig sind, Ausführungs- oder Realisationsfaktoren des nur erst Bestimmten, bezugsweise Erhaltungs- oder Sustentationsfaktoren des bereits Entwickelten.[1]) Es ist zu berücksichtigen, dafs auch Realisationsfaktoren (z. B. Nahrungsdotter) innerhalb des Lebewesens gelegen sein können. Andererseits können auch differente Nahrungsmittel die jeweilige Art des Lebensgeschehens etwas mit bestimmen. Die qualitative Unabhängigkeit des Lebewesens ist also keine ganz vollkommene; das abgeänderte Geschehen ist dann aber nicht mehr die „typische“ Art des Geschehens.

Alles Geschehen, das seiner „Art“ nach in einem Gebilde selber „bestimmt“ ist, nannte ich „Selbstleistung, Autoergasie des Gebildes“; dies geschah ohne jede Rücksicht darauf, ob zur „Ausführung“ des Bestimmten oder zur Erhaltung des entsprechend Gestalteten äufsere Faktoren mitwirken müssen. Das Gebilde, welches etwas „selber leistet“, ist natürlich stets zu nennen, da es eine Selbstleistung an sich, ohne Gebilde, nicht geben kann. Ein Anregungsfaktor mufs mindestens von aufsen dem Gebilde zugeführt werden. Selbsttätigkeit eines Gebildes bedeutet also keineswegs „vollkommen selbständige“ Tätigkeit desselben; solche ist überhaupt nicht möglich.

Bei Zugrundelegung dieser Definition des „Selbst“ ist die Bestimmung der „typischen“ Arten des Lebensgeschehens: Selbstbestimmung, Autodetermination des Lebewesens; und diese Selbstbestimmung sowie

---

[1]) Genaueres über diese im Jahre 1881 von mir eingeführte und mit anderen der Entwicklungsmechanik zugrunde gelegte Distinktion siehe in: Roux, Terminologie der Entwicklungsmechanik, Leipzig 1912, sowie: Über kausale und konditionale Weltanschauung und deren Stellung zur Entwicklungsmechanik. Leipzig 1913. oder in: Derselbe, Vortrag I über Entwicklungsmechanik: Die Entwicklungsmechanik, ein neuer Zweig der Biologie. Leipzig 1905.

alle oben genannten einzelnen Leistungen der Lebewesen gehören zur Autoergasie derselben.

Die Autoergasie, die „Selbsttätigkeit“ der Lebewesen ist also eine allgemeine Eigenschaft derselben. Sie besteht zunächst in der „Selbstbestimmung der Art“ des Geschehens.

Der Physiologe E. Pflüger behauptete dagegen (1884), eine Vererbung im Sinne von Selbsttätigkeit, von Selbstübertragung der elterlichen Eigenschaften von den Eltern auf ihre Nachkommen fände nicht statt. Er sagte: „Dafs bei den Nachkommen immer dasselbe gebildet wird, rührt nur davon her, dafs diese immer in dieselben äufseren Umstände kommen.“ Demnach wäre auch die individuelle Entwicklung keine Selbstentwicklung des Eies. Ich erwies jedoch experimentell das Unrichtige dieser Auffassung und damit zugleich die „Selbstentwicklung“ des befruchteten Eies.[1])

Die Erkenntnis dieser Art von Selbsttätigkeit der Lebewesen gewährt schon eine Vervollständigung der überlieferten Vorstellung vom Leben. Alle die genannten neun „typischen“ Leistungen sind der Determination ihrer spezifischen Art nach als Selbstleistungen des Lebewesens zu bezeichnen. Über neu entstehende, atypische Eigenschaften und Leistungen ist damit zunächst nichts ausgesagt; aber wenn sie erblich geworden sind, müssen auch sie der Autoergasie eingefügt sein.

Die Autoergasie der Lebewesen besteht im einzelnen nach Obigem in:

1. Selbstveränderung, Autodissimilatio;
2. Selbstausscheidung, Autoexcretio;
3. Selbstaufnahme, Autoreceptio;
4. Selbstassimilation, Autoassimilatio;
5. Selbstwachstum, Autocrescentia;
6. Selbstbewegung, Autokinesis;[2])
7. Selbstvermehrung, Autoproliferatio, diese ist kombiniert mit
8. Selbstübertragung der Eigenschaften, also mit Vererbung, Hereditas. Dazu kommt noch die
9. Selbstentwicklung, Autophaenesis.

---

[1]) W. Roux, Beitrag II zur Entwicklungsmechanik des Embryo, 1885. Siehe Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik. 1895. Bd. II S. 256—276.

[2]) Die Reflexbewegung ist „ihrer Art nach“ auch Autoergasie des Lebewesens.

Die „Gesamtheit“ dieser neun eigenartigen Autoergasien macht das Lebewesen zu etwas von allen anorganischen Naturkörpern Verschiedenem und verleiht ihm eine sogenannte Innerlichkeit.

Diese Autoergasie des Lebewesens besteht aufser in der Selbstbestimmung noch in dem Vermögen der Selbsterhaltung, Autosustentation und verleiht ihm durch beide grofse Dauerfähigkeit.

Denn alle diese neun Selbstleistungen „nützen“ dem Lebewesen, indem sie zu seiner Erhaltung beitragen. Diese allgemeine Eigenschaft ist als Selbstnützlichkeit, Autophelie (*ἀυτός* selbst, *ὠφέλεια* Nutzen) der Lebewesen zu bezeichnen. Sie stellt eine weitere charakteristische Eigenschaft derselben dar.[1])

Wenn dagegen zur Erhaltung der Lebewesen aufser den sehr verbreiteten indifferenten Unterhaltungsfaktoren wie Nahrung (Meerwasser), Licht, noch eigenartige, die Art des Erhaltungsgeschehens bestimmende Faktoren „von aufsen her“ nötig wären, z. B. etwa Faktoren, welche bei der Vermehrung der Lebewesen das Keimmaterial „qualitativ halbieren“, wie dies zur Vererbung nötig ist (Roux), so würden bei dem natürlich häufigen Fehlen solcher eigenartigen „äufseren“ Faktorenkombinationen die Lebewesen bald nicht mehr vermehrungs- und lebensfähig, also wenig dauerfähig sein, eben weil ihre Erhaltung nur in unvollkommenen Mafse Selbsterhaltung unserer Definition wäre.

Die Autoergasie: die Autodetermination und die Autosustentation machen das Lebewesen in hohem, wenn auch natürlich nicht vollkommenem, Variabilität ausschliefsendem Mafse von der Aufsenwelt in ihrer Qualität und Erhaltung, also qualitativ und sustentativ unabhängig.

Nach der bisherigen Darstellung sind die Lebewesen also Naturkörper, welche „mindestens“ das Vermögen zu den neun „Selbsttätigkeiten“ in dem bezeichneten Sinne des „Selbst“ haben; und das Gemeinsame dieser Selbsttätigkeiten ist, dafs sie die „Selbstgestaltung“ und „Selbsterhaltung“ der Lebewesen bewirken und in diesem Sinne dem Lebewesen „nützen“ (Selbstnützlichkeit).[2])

[1]) Siehe Roux, Ges. Abhandl. 1895, II., S. 58.

[2]) Siehe Roux, Die angebliche künstliche Erzeugung von Lebewesen. Die Umschau, Wochenschrift, 1906, Nr. 8.

II.

Die Selbstregulation der Lebewesen.

Ist nun diese spezielle funktionelle Definition der Lebewesen mit den hier hinzugefügten allgemeinen Charakteren der „Selbsttätigkeit“: speziell der qualitativen Selbstbestimmung, der Selbsterhaltung und der Selbstnützlichkeit vollständig? Sind damit wenigstens alle unserer Kenntnisnahme zugänglichen allgemeinen, also wesentlichen, elementaren physischen Eigenschaften der Lebewesen erfafst? Von den seitens der Vitalisten hinter allem physischen Lebensgeschehen als determinierendes und treibendes Agens angenommenen psychischen Faktoren sehen wir einstweilen ab. Wohl könnte es so scheinen, dafs wir endlich eine vollständige physische Definition des „Lebens“ erreicht haben. Jedenfalls unterscheidet sich ein Gebilde, welches alle diese Eigenschaften und Vermögen hat, in hohem Mafse von den unbelebten Naturkörpern.

Ich hatte aber schon als Student das Gefühl, dafs doch noch etwas sehr Wesentliches, Eigenartiges unserer Erkenntnis der Lebewesen fehlte; und ich habe jahrelang vergeblich gesucht, dies Fehlende zu erkennen, es mir zum Bewufstsein zu bringen.

Endlich, bei dem Nachdenken über die grofse Dauerfähigkeit der Lebewesen, sowohl über die Dauer der Gesamtheit der Lebewesen wie über die Jahrtausende lange Konstanz vieler Spezies trotz der Veränderung äufserer Umstände, erhellte sich plötzlich das Dunkel und ich erkannte auf einmal: das bisher fehlende Charakteristikum der Lebewesen ist die Selbstregulation in der Ausübung ihrer Leistungen.

Es sei gestattet, die Entwicklung und Begründung dieser Erkenntnis in der Originalform des Jahres 1881[1]) hier zu reproduzieren:

A. Ableitung der Notwendigkeit der organischen Selbstregulationen.

„Die organischen Prozesse sind, soweit wir gegenwärtig urteilen können, seit ihrer ersten Entstehung von ununterbrochener Dauer gewesen. Wir sind gezwungen, eine fortlaufende Kontinuität derselben vom Beginne an anzunehmen. Indessen gibt es auch anorganische Prozesse, welche seit ihrer Entstehung ewig, kontinuierlich sind wie das organische Sein und Geschehen, und welche nur in Intensität und Ausbreitung wechseln. Ewig ununterbrochen ist die Verwitterung an den Felsen, ewig ist der Wellenschlag des Meeres, ewig verdampft das Wasser, ewig scheint die Sonne seit ihrer Entstehung.

Dies beweist, dafs die ewige Dauer, die Kontinuierlichkeit des Geschehens, an sich nicht das Wesen des Organischen trifft; und doch ist diese Dauer [des Geschehens resp. der spezifischen Substanz] absolut nötig.

Denn wir wissen, dafs, wenn einmal die Kontinuität der lebensfähigen Substanz wirklich unterbrochen ist, diese Substanz durch nichts wieder hergestellt werden kann, dafs der Faden dauernd zu Ende ist. Kein Naturforscher stellt heutzutage in Abrede, dafs die höheren Organismen kontinuierlich sich von niederen, einfacheren und einfachsten abgeleitet haben. Also müssen die organischen Prozesse dauerfähig gewesen sein. Die ununterbrochene „Dauerfähigkeit“ ist die unerläfsliche Vorbedingung des Organischen, obgleich sie an sich keinen Unterschied von den anorganischen Prozessen einschliefst.

Diese Tatsache wird historisch bezeichnet durch die Fundamentalsätze:

Omne vivum ex ovo, Harvey (richtiger: e vivo).

---

[1]) W. Roux, Der Kampf der Teile im Organismus, Leipzig 1881, Kapitel V Ueber das Wesen des Organischen. S. 220—235. Diese Schrift wurde mit, in eckige Klammern eigeschlossenen Zusätzen versehen, abgedruckt in W. Roux, Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik. Bd. I. 1895. Leipzig. Bei dem jetzigen Neudruck wurden manche stylistische Verbesserungen angebracht.

Omnis cellula e cellula, Virchow.

Omnis nucleus e nucleo, Flemming.

Wir werden zu untersuchen haben, durch welche Eigenschaft die Dauerfähigkeit bei beiden Arten des Geschehens garantiert wird.

Die anorganischen Prozesse sind physikalische und chemische. Die andauernden von ihnen sind entweder mit Ortswechsel oder Stoffwechsel oder Kraftwechsel verbunden: denn Prozefs bedeutet Änderung, also Wechsel. Sie sind daher mit Stoff-, Kraft-Verbrauch oder erstere, in gewissem Sinne auch mit Ortsverbrauch oder mit mehreren Arten des Verbrauches zugleich verbunden. Eine fliegende Kanonenkugel braucht zur stetigen Fortsetzung ihrer Bewegung stetig neuen Flug- oder Fallraum; und die einmal durchflogene Strecke ist „für sie“ verbraucht.

Die anorganischen Prozesse „mit Stoff- und Kraftwechsel“ dauern blofs, weil und solange die äufseren sie fort und fort erzeugenden Bedingungen fortdauern; sobald sie nicht mehr von den äufseren Bedingungen erzeugt werden, geht auch der Prozefs zu Ende. So läuft die Verwitterung fort, so lange die Atmospharilien: Luft, Kohlensäure, Wasser, die Gesteine berühren; und mit dem Aufhören dieses Zusammenkommens hört auch der Prozefs auf; und wenn sie wieder zusammenkommen, beginnt der Prozefs sofort wieder, weil er blofs durch diese äufseren Momente bedingt ist. Der anorganische Prozefs ist also gar nichts für sich, sondern blofs die Folge dieses räumlichen und zeitlichen Zusammentreffens der äufseren Komponenten und des daraus sich ergebenden Zusammenwirkens. Er wird daher gewöhnlich auch gar nicht für sich betrachtet; und es wird Ungeübten schon schwer fallen, solchen Prozefs, welcher z. B. in einer Schicht an der Oberfläche der Gesteine abläuft, wirklich mit organischen Prozessen, die in diskreten Wesen sich vollziehen, in der Vorstellung vergleichbar nebeneinander hinzustellen.

Anders ist der Lebensprozefs: Seine „Bedingungen“ sind nicht blofs äufsere, im Gegenteil, er ist etwas für sich und in seiner Eigenart nicht blofs von den äufseren Bedingungen abhängig. Wenn wir die äufseren „Vorbedingungen“ der Organismen, z. B. die Nahrungsmittel der Pflanzen und Sonnenlicht vereinen, oder wenn wir dasselbe mit den Nahrungsmitteln der Tiere tun, so entstehen keine organischen Prozesse daraus. Nur wenn

diese Vorbedingungen zu der organischen Struktur selber zugeführt werden, wird der Lebensprozefs daraus vermehrt. Der Lebensprozefs trägt also die determinierenden Ursachen seiner Erhaltung und seiner Art in sich selber, und die Nahrung ist blofs die Vorbedingung, [die Realisationsursache des Determinierten]; während die anorganischen Prozesse blofs dieser äufseren Bedingungen bedürfen, um sofort zu entstehen.

Somit haben die organischen Prozesse eine Bedingung mehr zu erfüllen; und es könnte scheinen, dafs sie damit schwerer dauerfähig sein werden, als die anorganischen Prozesse. Trotzdem ist das Resultat gerade das umgekehrte. Wir sehen den Lebensprozefs dauerfähiger, wir sehen ihn, oder wenigstens sein spezifisch strukturiertes Substrat in beständiger Kontinuität sogar trotz des Wechsels mancher seiner äufseren Bedingungen.

Dazu mufs er noch besondere Eigenschaften haben, welche ihm diese Dauer ermöglichen; wenn wir diese aufsuchen, müssen wir an die wesentlichen Eigenschaften des organischen Geschehens, an die unterscheidenden Merkmale vom Anorganischen herankommen.

Die erste Eigenschaft, welche ihn unter diesen ungünstigen Umständen in der Dauer begünstigt, ist die Assimilationsfähigkeit.

Sie besteht darin, dafs der organische Prozefs das Vermögen hat, fremd beschaffene Teile in ihm gleiche umzuwandeln, d. h. differente Atom- und Molekülgruppierungen in ihm gleiche umzugruppieren, also Fremdes qualitativ sich anzueignen und so das zu seiner Dauer Nötige sich selber zu produzieren, wenn nur die Rohmaterialien dazu vorhanden sind. Das Wesen der Assimilation ist somit eine Art Selbstproduktion, „Selbstgestaltung des zur Erhaltung, zur Dauer nötigen“. Und diese ist schon ein wesentlicher Vorzug vor den anorganischen Prozessen.

[Das Vermögen der Assimilation, also der Bildung der lebenden Substanz gleichender Substanz aus fremder, nicht lebender, ermöglicht, wie wir an früherer Stelle des Buches sagten, die Übertragung des Gesetzes der Trägheit von den einfachen physikalisch-chemischen Prozessen auf die Lebensprozesse, indem es die Grundlage der Vererbung bildet, d. h. die Grundlage der Übertragung der Eigenschaften von Zellteil auf Zellteil, von Zelle auf Zelle und von dem

aus Zellen bestehenden Individuum auf seine Nachkommen, letzteren Falles vermittelt durch die Kontinuität des Keimplasson.]

Aber von den anorganischen Prozessen hat auch einer die Eigenschaft der Assimilation und ist doch nicht fähig, sich dauernd zu erhalten: „die Flamme“. Auch sie hat die Fähigkeit, fremdbeschaffenes Material sich zu assimilieren.

In dem Grade der Assimilationsfähigkeit können verschiedene Möglichkeiten vorkommen, deren Dauerfähigkeit eine verschiedene und daher für unsere Untersuchung wichtige ist. Assimiliert der Prozefs weniger als er verbrauchte, so mufste er von selber bald aufhören. Diese Qualität schliefst also die Dauerfähigkeit prinzipiell aus. Oder zweitens der Prozefs assimiliert ebensoviel, als er verbrauchte; dann wird er nie über den Umfang, in welchem er entstanden ist, hinauskommen; und wenn sich an seinem Entstehungs- oder jeweiligen Aufenthaltsorte die Bedingungen ändern, wenn die Nahrung fehlt oder äufsere störende Momente entstehen, so wird er vernichtet werden. Dafs solche Änderungen der Umstände eintreten, ist bei dem fortwährenden Wechsel im Naturgeschehen sicher anzunehmen. Dauerfähig können daher nur solche Assimilationsprozesse sein, welche mehr assimilieren als sie verbrauchen. Wenn dies in genügendem Mafse stattfindet, so dafs sie sich über gröfsere Räume mehr und mehr verbreiten können, dann steigt entsprechend auch die Wahrscheinlichkeit der Erhaltung im Wechsel der äufseren Bedingungen. Denn wenn auch der gröfste Teil dabei zerstört wird, an irgendeiner Stelle wird wohl ein Teil erhalten bleiben.

Also neben der Assimilation ist das nächste allgemeine Erfordernis der organischen Wesen die „Überkompensation“ im Ersatze des Verbrauchten, das Wachstum.

Diese Fähigkeit haben bekanntlich alle Organismen zeitweise, wenn wir auch nicht wissen, wie sie zustande kommt. Aber sie läfst sich dynamisch definieren. Diese „Überkompensation“ besteht darin, dafs beim Ablauf des organischen Prozesses mehr Assimilationskräfte frei werden, als zum blofsen Ersatze des Verbrauchten nötig sind; oder umgekehrt, dafs die Überführung fremden Materials in dem Organismus Gleichendes weniger Kräfte erfordert, als das assimilierte Material bei seiner Umsetzung bis zu

den Endstadien des Prozesses zu liefern vermag, und dafs diese im Überschufs gelieferten Kräfte die Assimilation zu veranlassen vermögen.

Das einfachste und daher verständlichste Beispiel von Assimilation bietet wiederum die Flamme dar. Sie zeigt uns oft durch Umsichgreifen in furchtbarer Weise ihre Eigenschaft, mehr zu assimilieren, als sie verzehrt. Trotzdem hat sie keine ewige Dauerfähigkeit auf der Erde. Dies liegt aber nicht an ihr, ihre eigene Dauerfähigkeit durch Selbstproduktion des zur Erhaltung Nötigen ist im Gegenteil sehr grofs und widersteht bekanntlich oft der Einwirkung der besten Dampffeuerspritze. Die Ursache ihres Zugrundegehens ist zumeist die Aufzehrung ihres Materials; und die sichtbare Verbrennung würde in der Natur wohl ebenso wie das Organische ewige Dauer haben, wenn sie nicht rascher verliefe, als die anderen Naturprozesse wieder Material zu schaffen vermögen. Im Reiche des Organischen dagegen bestehen zwei Arten von entgegengesetzten Prozessen: mit Oxydation und mit Reduktion verbundene Lebensprozesse, welche unter Selbstelimination des Ungeeigneten sich in ein ewige Dauer ermöglichenden Gleichgewicht gesestzt haben.

Es kann fernerhin vorkommen, dafs Prozesse auftreten, welche zwar mehr assimilieren, als sie verbrauchen, welche aber trotzdem nicht alles, was sie verbrauchen, zur Assimilation verwenden, sondern bei denen noch Energie übrig bleibt, wo also der Prozefs noch etwas anderes „leistet“, wie wir uns auszudrücken gewohnt sind, indem wir die Assimilation blofs als Vorbedingung des letzteren Geschehens, der „Leistung“, würdigen. So leistet die Flamme aufser der Überkompensation in der Assimilation, abgesehen von der Abgabe von Wärme an die Umgebung, noch die Produktion von Licht. Diese Leistung trägt aber zu ihrer Erhaltung nichts bei, „nützt“ ihr nichts; sondern sie ist vielmehr für die Assimilation und somit für die Dauerfähigkeit ein Verlust, eine Verschwendung. Solche Prozesse müssen daher ceteris paribus jenen nachstehen, welche einen gröfseren Anteil ihrer Energie oder gar alle diese zur Vergröfserung ihrer Dauerfähigkeit verwenden.

Dieses letztere braucht nun aber nicht blofs in der Weise zu geschehen, dafs alles direkt auf Assimilation verwendet wird, sondern es kann auch auf dem Wege anderer Leistungen geschehen, welche gleich-

falls der Dauerfähigkeit zugute kommen. So indem die Leistung, z. B. die Bewegungsfähigkeit der Monere deren die Nahrungserwerbsfähigkeit vergrößert. Durch Ausstrecken von Teilen des Körpers vergrößert die Monere ihren Ernährungsbezirk; und indem sie sich sofort zusammenzieht, wenn etwas an einen Fortsatz gekommen ist, nimmt sie mehr Nahrung auf, als wenn sie bloß als Kugel daläge. Auch wird durch die Kontraktilität die Verdauung beschleunigt, indem bessere Vermischung der Teile im Inneren eintritt; die Entstehung der Gleichmäßigkeit ist daher nicht bloß auf die langsame Wirkung der Diffussion angewiesen. Dazu kommt der große Vorteil, welchen die freie Lokomotion durch das Verlassen eines erschöpften Nahrungsbezirkes gewährt.

Eine derartige Leistung, welche dem Ganzen nützt, indem sie zu dessen Dauerfähigkeit beiträgt und wohl aus diesem Grunde sich erhalten hat, heißt Funktion, „Verrichtung für das Ganze“. Die Lichtbildung der Flamme ist zwar eine „Leistung“ der Flamme oder richtiger der Verbrennung, aber keine „Funktion“ derselben in diesem biologischen Sinne; denn sie nützt derselben nichts; sie ist bloß eine unnütze Ausgabe. Am besten wäre es für die Flamme, richtiger für den dann nicht leuchtenden Verbrennungsprozeß, er bildete, das nötige Unterhaltungs- scil. Nahrungsmaterial als gegeben vorausgesetzt, nicht mehr aktuelle Energie, als zur Assimilation verwendet wird, er wäre ein reiner Assimilationsprozeß. Indem die Flamme für sie nutzloserweise leuchtet und zu schnell ihr Nahrungsmaterial verzehrt, ehe es von der Umgebung neu gebildet wird, bleibt sie hierin schon hinter den organischen Prozessen zurück.

Es besteht von früher her noch bei Vielen die Neigung, jeden Prozeß, der in einem „Teile“ abläuft, aber zum Nutzen, d. h. zur Dauer des mehr oder weniger komplizierten „Ganzen“ ist, als etwas Wunderbares anzusehen. Indessen dieser Nutzen für die Dauer des Ganzen liegt durchaus nicht in der „Absicht“ der Teile. Die Teile leben bloß für die eigene Erhaltung; und daß dabei etwas für die Erhaltung des Ganzen Nützliches geschieht, braucht bloß dadurch bedingt zu sein, daß allein solche Eigenschaften „andauern“ konnten und daher übrig geblieben sind; während die jedenfalls millionenmal zahlreicher aufgetretenen Eigenschaften zu Leistungen von Teilen, welche dem Ganzen nicht nützen, das Ganze und

daher mit dem Ganzen sich selber von der Dauer ausgeschlossen haben. Aber es ist wohl unnötig, die Wirksamkeit der Darwinschen Prinzipien hier nochmals zu erläutern. Wenn man sich nur immer erinnern will, dafs alles typische Lebende, was wir jetzt sehen, die summierten, „selbsterhaltungsfähigen" Bestandteile sind des ganzen bezüglichen irdischen Geschehens vor unserer Zeit. Alle Prozesse, welche nicht dauerfähig in sich selbst waren, oder trotz dieser inneren Fähigkeit nicht zugleich dauerfähig in den äufseren Verhältnissen waren, hörten auf; und wir finden von ihnen blofs noch Spuren ihrer früheren Tätigkeit oder auch diese nicht. Während alles, was im Lauf der Millionen Jahre und im ewigen Wechsel des Geschehens zufälligerweise Dauerfähiges entstanden ist, sich aufgespeichert hat; genau so, wie sich bei uns die bleibend wertvollen Kulturerrungenschaften aus der Unsumme vergänglicher ephemerer Leistungen aufhäufen.

Läuft der erwähnte Leistungsprozefs der Monere, die Bewegung, kontinuierlich oder rhythmisch von selber ab, ohne jeweilige besondere äufsere Ursache, so heifst er automatisch; findet er blofs auf äufsere Einwirkung hin statt, so heifst er reflektorisch. Das Reflektorische hat von vornherein vor dem automatischen Geschehen den Vorzug gröferer Dauerfähigkeit. Denn es sind in der Umgebung nie die gleichen Umstände beständig vorhanden. Eine gleichmäfsig fortgehende Leistung kann daher nicht immer den gleichen Nutzen haben; sie wird daher oft nutzlos, oft dagegen zu gering sein; letzteres wenn die äufseren Umstände günstiger sind, aber die Leistung nicht zu beeinflussen vermögen.

Dagegen stellen die reflektorischen Leistungen mit den äufseren Umständen, welche sie ausnützen sollen, eine Wechselwirkung her, die im höchsten Mafse günstig ist. Denn wenn die geeigneten Umstände fehlen, wird auch die Leistung fehlen, wenn sie vorhanden sind, wird die Leistung entstehen; und je nach der Intensität der äufseren Umstände wird sich von selber auch die entsprechende Intensität der Leistung herstellen. Die Reflextätigkeit ist somit ein höchst zweckmäfsiger, d. h. die Dauerfähigkeit des Gebildes erhöhender Mechanismus der „Selbstregulation"; während die gleichmäfsige Automatie eine im allgemeinen unzweckmäfsige Einrichtung, einerseits mit Materialverschwendung bei geringen und andererseits mit

Insuffizienz bei stärkeren Anforderungen, darstellt. Solche Automatie wird daher blofs bei konstanten Verhältnissen, bei konstanten Umständen und Bedürfnissen, also nur sehr selten von Nutzen sein; wie sie denn auch tatsächlich nur selten und nie vollkommen rein, z. B. bei den Wimpertieren oder bei den Herzganglien, vorkommt. Sie wird auch da immer noch durch äufsere Umstände reguliert.

Mit den „Leistungen“ wird nun ein anderer Faktor in dem Stoffwechsel von gröfserer Bedeutung, der Verbrauch. So lange der Prozefs blofs reiner Assimilationsprozefs war, so lange also alles, was aus dem Material produziert wurde, in der Assimilation zur Überkompensation, zum Wachstum verwendet wurde, war der Verbrauch eigentlich blofs eine günstige Vorbedingung der Vergröfserung des Individuums. Mit den anderen Leistungen aber traten Ausgaben ein, welche an sich die Assimilation nicht vergröfsern, obgleich sie doch Material verzehren. Es werden in diesem Falle Prozesse nicht dauern können, in denen die Funktionen mehr verzehren, als ersetzt werden kann. Dauerfähig werden blofs diejenigen Lebewesen sein, in welchen ein ökonomisches Gleichgewicht zwischen dem Materialverbrauch bei den Funktionen und der Gröfse des sei es direkten oder indirekten Nutzens für die Assimilationsgeschwindigkeit besteht. Alle anderen Prozesse müssen zugrunde gehen und sich somit aus der Reihe des Lebenden ausschalten.

Mit der Funktion und dem durch sie bedingten Verbrauch tritt ein neues Erfordernis zwingend hervor, welches von der gröfsten Bedeutung ist und das ganze organische Geschehen beherrscht, [die „Selbstregulation“ in allen Verrichtungen].

Da die reflektorischen Leistungen die herrschenden sein müssen, diese aber ungleichmäfsig stattfinden, so mufs auch der Verbrauch ungleichmäfsig, bald erhöht, bald vermindert sein; und es ist nun die Frage, wie sich dazu die Assimilation stellt. Geht sie gleichmäfsig fort, so wird bald Überschufs, also Wachstum, bald Gleichgewicht, bald, bei starker anhaltender Funktion: Selbstverzehrung, Tod also Selbstelimination eintreten. Es können somit blofs solche Prozesse andauern, bei welchen die Assimilation in Abhängigkeit steht von dem Verbrauche

oder von dem Reize, welcher den Verbrauch hervorruft, von dem funktionellen Reize. Es mufs also bei stärkerem Verbrauch das mechanische Bestreben, Nahrung aufzunehmen, und die Fähigkeit, sie zu assimilieren, gesteigert sein, statt durch die Verminderung des Stoffes geschwächt zu werden. Die „Dauerprozesse" müssen „Hunger" haben. Dieses Wort ist hier natürlich nicht als eine bewufste Empfindung, sondern in der Bedeutung einer stärkeren chemischen Affinität zur Nahrung bei stärkerem Nahrungsbedarf aufzufassen. Also auch die Nahrungsaufnahme und die Assimilation müssen der „Selbstregulation" unterliegen, wie wir das in der einfachsten Weise auch schon bei der Flamme verwirklicht sehen [je mehr sie verbraucht, um so mehr bildet sie Wärme und verstärkt die Assimilation].

Das Gleiche mufs von der Ausscheidung des Verbrauchten gelten. Fände diese Ausseidung unabänderlibh gleichmäfsig statt, so würde bei stärkerem Verbrauch Anhäufung des Veränderten eintreten; und da die Ausscheidungsprodukte stets Differentes von dem Organismus, im günstigsten Falle einfach Unbrauchbares darstellen, würden sie mindestens durch ihre Anwesenheit hemmen; oder, da sie chemisch nicht indifferent sind, werden sie die Lebensprozesse direkt chemisch stören. Also auch die Ausscheidung mufs der „Selbstregulation" unterworfen sein. Auch für dieses Geschehen gibt wiederum die Flamme das einfachste Beispiel: je rascher sich die Flamme verzehrt, um so mehr bildet sie Hitze, um so mehr assimiliert sie nicht nur, sondern um so rascher findet auch durch die stärkere Verminderung des spezifischen Gewichts die Abfuhr der Endprodukte des Stoffwechsels statt.

Selbstverständlich können ebenso wie von den reinen Assimilationsprozessen auch von den mit anderen, die Dauerfähigkeit erhöhenden Leistungen, mit Funktionen verbundenen Prozessen am besten diejenigen sich erhalten, welche mit Überkompensation einhergehen, also die zur Erhaltung nützende Substanz vermehren.

Die erwähnte Abhängigkeit der Assimilation von dem Umsatz kann eine doppelte sein: entweder ist sie direkt abhängig von dem funktionellen Reize, indem dieser mit der Veranlassung der Funktion zugleich die Assimilation erregend, steigernd wirkt, oder indirekt, indem

die Produkte des durch den Reiz beschleunigten Stoffwechsels in irgendeiner Weise die Assimilation anregen.

Mag nun die Abhängigkeit der Assimilation von dem Reize eine direkte oder indirekte sein, so ist der Grad dieser Abhängigkeit wichtig.

Einmal kann während der Untätigkeit die Assimilation ruhig weiter laufen, während der Tätigkeit aber und nach derselben noch eine zeitlang erhöht sein. Diese Art Prozesse wird sehr erhaltungsfähig sein; und ich glaube, dafs sie sehr verbreitet ist, dafs sie vielleicht bei den niederen Tierstufen die allgemeine, die herrschende ist [während sie bei den höheren Tieren normalerweise nur in der zweiten, der sogenannten gemischten Periode meiner Einteilung, also in der Periode des ererbten und zugleich des funktionellen Wachstums und Gestaltens vorkommt, oder auch noch bei Teilen der höheren Tiere sich findet, welche abnormerweise zu lange selbständiges, d. h. von der Funktion unabhängiges Wachstum behalten haben]. Diese Gebilde sind daran kenntlich, dafs sie zwar Verstärkung der Leistungen auszuhalten vermögen und durch sie wachsen, aber bei längerer Untätigkeit nicht der Inaktivitätsatrophie unterliegen, da sie auch während anhaltender Inaktivität assimilieren. Beseitigung für das Individuum überflüssig gewordener Teile kann also nicht direkt durch Degeneration und Atrophie, sondern blofs auf dem weiten Umwege der Auslese unter den Individuen aus beliebigen Variationen nach Darwin stattfinden.

Ist dagegen das Prozefsgebilde derartig, dafs für dasselbe der funktionelle Reiz unentbehrlicher Lebensreiz geworden ist, indem ohne dessen Einwirkung nicht nur die Funktion nicht stattfindet, sondern auch die Assimilation nicht gehörig vor sich geht, so wird dieser Prozefs blofs dann Chancen der Erhaltung haben, wenn dieser Reiz sehr oft einwirkt, wenn die Anregung der Assimilation fort und fort erfolgt, und wenn die Überkompensation und Selbsterhaltungsfähigkeit nach der Tätigkeit grofs genug sind, um auch während der Ruhe einige Zeit auszuhalten. Es wird auch nötig sein, dafs schon die wohl häufiger vorkommenden „schwächeren“ Reize die Assimilation zu erregen imstande sind. [Bei längere Zeit andauernder Steigerung der mittleren Funktionsgröfse wird Aktivitätshypertrophie stattfinden.] Bei lange dauerndem

Fehlen des funktionellen Reizes wird infolge der mangelnden Erregung der Assimilation Inaktivitätsatrophie eintreten, bestehend in ungenügender Erhaltung und Schwund des früher unter dem Einflufs der Funktion Gebildeten.

Diese Art Prozefsgebilde ist somit an bestimmtere Existenzbedingungen gebunden als die vorige und wird daher vielleicht von beschränkterem Vorkommen in der ganzen Tierreihe sein.

Aber sie hat Eigenschaften, welche ihr im Kampf ums Dasein einen grofsen Vorzug geben. Sie stellt innerhalb der vollkommensten „Selbstregulation“ der Leistungsfähigkeit zugleich die gröfse Sparsamkeit mit dem Material dar. Denn es werden diejenigen Teile, welche vom „Ganzen“ in Tätigkeit gesetzt werden, immer nach dem Mafse dieses Gebrauches gestärkt und vergrösert, während die nicht mehr verwendeten Teile der Rückbildung verfallen, wodurch das Material für ihre Erhaltung erspart wird. Diese Art der Prozefsgebilde hat also „morphologische“ Selbstregulation und stellt die höchste Ökonomie bei der höchsten Leistungsfähigkeit des Ganzen dar.[1]) Diese Ökonomie geschieht aber auf Kosten der Selbständigkeit der Teile, welche hier vollkommen aufgehört hat. [Diese Prozefsgebilde entsprechen Newtons Prinzip: Maximus effectus minimo sumptu.] Diese Teile des Organismus leben hier blofs von der Funktion, welche sie dem „Ganzen“ leisten; sie sind wie Staatsdiener, welche allmählig vollkommen blofs Beamte geworden sind, welche gar keine eignen Interessen mehr haben, sondern vollkommen in dem Dienste aufgehen und ohne denselben nicht mehr leben können, nach der Pensionierung sofort atrophieren; wie dies bei alten Beamten so häufig der Fall ist. Und man braucht sich nicht zu begnügen zu sagen: diese Organe sind „wie solche Beamte“, sondern sie sind „wirklich solche Beamte“ und auch das Umgekehrte gilt: derartige Beamte sind solche an eine Verrichtung vollkommen angepafste Prozefsgebilde; wie denn der Mensch im allgemeinen in allen seinen aktiven Teilen zu diesen Gebilden gehört.

[1]) Diese Gewebsqualität war in den früheren Kapiteln des Buches eingehend behandelt; daher war sie an dieser Stelle kurz behandelt. Der hier allein reproduzierte Teil wurde daher etwas vervollständigt.

Solche Verhältnisse finden sich wohl blofs bei den höheren Organismen und bilden das charakteristische Merkmal derselben gegenüber den niederen, in denen im Gegensatz dazu die Teile auch noch für sich, ohne funktionellen Reiz dauernd leben können und leben.

Dieses ungleiche Verhalten ist die Begründung des bekannten Satzes: „Die höheren Tiere essen, um zu leben, die niederen Tiere leben, um zu essen und zu wachsen.“ Oder in anderen Worten: die niederen Organismen sind Frefs- und Wachstumsmaschinen, die höheren sind Arbeitsmaschinen. Auch in bezug auf dieses Verhalten wiederholt jedoch das Individuum der höheren Tiere in seiner Entwicklung die phylogenetische Stufenfolge, indem es in der ersten Periode sich wie ein niederes Tier verhält [das heifst: unabhängig von der Funktion wächst].

In einem anderen Abschnitt des Buches sind die Tatsachen mitgeteilt, welche uns veranlassen, eine derartige direkte Abhängigkeit der gesamten Lebensprozesse der Zellen des Menschen von dem funktionellen Reize für Muskeln, Drüsen und wohl auch für die Sinnesorgane, in beschränkterem Mafse für die Nerven und Ganglienzellen anzunehmen. Und der Umstand, dafs bei diesen Organen als Folge von [eine gewisse Zeit andauernder] vollkommener Reizentziehung nicht langsame Atrophie durch mangelnden Wiedersatz [des durch seine Lebenstätigkeit Abgenutzten], sondern direkte rasche Entartung, Degeneration stattfindet, beweist die direkt erhaltende Wirkung des funktionellen Reizes. Ferner ist bei den Stützsubstanzen: dem Knochen- und Bindegewebe, das Verhältnis, wenn auch nicht derartig, dafs bei Inaktivität Inaktivitäts-Atrophie durch „Degeneration“ eintritt, was bei der abgeschiedenen Intercellularsubstanz auch weniger möglich erscheint, so doch so, dafs der funktionelle Reiz die Zellen dieser Gewebe in ihrer Assimilation und in der Abscheidung von Stützsubstanz anregt [und dafs die nicht mehr fungierende Intercellularsubstanz weniger widerstandsfähig gegen zerstörende Einwirkung der Umgebung ist.[1])

---

[1]) Aus dieser ganzen Auffassung leitete ich [1895] eine Theorie der Transplantation ab, welche bei strikter Durchführung in praxi dauernde Erhaltung des Transplantates zu ermöglichen versprach. Diese Möglichkeit beruht darauf, dafs der auf ein anderes Lebewesen oder auf eine andere Stelle desselben Lebewesens transplantierte Teil, welcher ein „funktionelles Reizleben“ führt, nicht blofs rasch wieder ernährt, sondern auch

[Die in einem früheren Kapitel dargelegten regulierend gestaltenden Wirkungen dieser Gewebessubstanz sind sehr grofs. Sie bildet die Gröfse, Gestalt und Struktur der Organe ganz der Gröfse und Art der dem „Ganzen“ geleisteten Funktion entsprechend aus, sie bildet die „funktionelle Struktur“, funktionelle „Gestalt“ und funktionelle „Gröfse“, letztere aber mit Überkompensation. Die Darlegung der Züchtung dieser Gewebsqualität im Laufe der Phylogenese und ihrer gestaltenden Wirkungen in der Ontogenese ist der wesentliche Inhalt dieser Schrift über den Kampf der Teile im Organismus. Bei der Züchtung dieser neuen Qualität in allen Geweben mufste in jedem Gewebe ein Kampf der Zellen „um Nahrung und Raum“ mit anderen, diese Eigenschaften nur in minderem Mafse oder noch gar nicht besitzenden Zellen stattfinden. Nachdem diese Eigenschaft „der trophischen Wirkung der funktionellen Reize“, resp. bei den Muskeln der trophischen Wirkung „der Vollziehung der Funktion“ vorhanden war, bildete sie und bildet sie die funktionellen Gestaltungen „ohne Kampf um Nahrung und Raum“, zum Teil aber unter „Konkurrenz um den funktionellen Reiz“ aus. Letzeres geschieht, indem durch Hypertrophie des Gewebes an den Stellen stärkerer Funktion den Stellen schwächerer Funktion der funktionelle Reiz entzogen wird, daher die Gewebe an letzteren allmählich dem Schwunde verfallen oder bei weiterem Wachstum des Organs an diesen Stellen nicht weiter wachsen. Diese Ableitung stellt den Kern meiner Theorie der funktionellen Anpassung dar.] (Neuer Zusatz.)

„Alle die im Vorstehenden als allein dauerfähig nachgewiesenen Qualitäten sind zugleich auch diejenigen, welche, wenn sie im Laufe der Phylogenese als neue Variationen in Spuren im Individuum aufgetreten

rasch mit dem funktionellen Reize versorgt werden mufs. Die Art der Transplantation, welche dieses leistet, nannte ich funktionelle Transplantation oder, da sie von so beständiger Dauer ist, wie gut eingepflanzte Pflanzen, Implantation. Eine weitere Bedingung ist noch „Gleichgewicht“ zwischen der Vitalität (besonders der Wachstumsenergie) der Gewebe des Pfropfreises und des Gepfropften.

Diese Theorie hat sich in den folgenden Jahren in den geschickten Händen ausgezeichneter Chirurgen, besonders in Verbindung mit dem Gelingen der Blutgefäfsnaht vielseitig bewährt, und ungeahnte praktische Erfolge möglich gemacht. Borst und Enderlen haben später einschränkend ermittelt, dafs der Bedingung der vollkommenen Ernährung aber oft nur bei Transplantation von Teilen auf andere Stellen „desselben“ Individuums entsprochen werden kann. Roux, Ges. Abhandl. über Entwicklungsmechanik. Bd. I S. 404.

waren, innerhalb des betreffenden Gewebes im Kampf der Teile um Nahrung und Raum siegen und so zur Alleinherrschaft im Individuum gelangen mufsten. Dazu kam, dafs sie ihren Trägern auch im Kampfe ums Dasein unter den Individuen zum Siege verhelfen mufsten. Sie wurden also in beiden Kampfesinstanzen gezüchtet.“ [1])

„Wenn wir uns den Gesamtcharakter aller dieser lebenswichtigsten Zell- und Gewebseigenschaften und ihrer Leistungen

---

[1]) Einige Autoren Driesch, C. Plate, Delage u. a. haben Einwendungen gegen diese Lehre vom züchtenden Kampf der assimilierenden Teile erhoben. Diese Einwendungen beruhen jedoch im Wesentlichen auf nicht ganz richtiger Kenntnis der Lehre.

Diese züchtende Auslese mufste, wie wir oben sahen, schon mit der sukzessiven Bildung der niedersten Lebewesen beginnen und sich in der Phylogenese stets mit dem Auftreten neuer bezüglicher Qualitäten der assimilierenden Zellteile und der Zellen fortsetzen. Im vielzelligen Organismus entstand dabei ein „Kampf um Nahrung und Raum“. Es mufsten nach ihrem aus unbekannter Ursache erfolgten Auftreten solche Qualitäten dieser Bionten gezüchtet werden, welche durch den funktionellen Reiz in ihrer Assimilation gestärkt, also trophisch erregt werden. Nachdem aber diese Qualitäten zu allgemeiner Verbreitung im Einzelwesen gezüchtet waren, bewirkten sie in ihm die Ausbildung der „funktionellen“ Gröfsen, Strukturen und Gestalten; dazu ist aber nach meiner Lehre ein „Kampf um Nahrung und Raum“ dieser Teile nicht nötig, obschon mir dies zugeschrieben worden ist. Denn diese Zellqualitäten wirken direkt in dieser Weise anpassend; eventuell kommt noch „Konkurrenz um den funktionellen Reiz“ fördernd hinzu. Beide Konkurrenzen sind oft von den Autoren verwechselt worden.

Bei den Protisten übertrug sich diese Qualität wie andere Qualitäten durch die „Verdopplung vor der Teilung“ und die „qualitative Halbierung“ bei der Teilung unmittelbar auf die Nachkommen. Da diese Qualität, wie ich entsprechend dem hier oben Gesagten wiederholt betont habe, auch im sogenannten Kampf der Individuen ums Dasein, in den äufseren Umständen, den Individuen einen grofsen Vorteil gewährt, so wurde sie auch durch die Personalselektion stark gezüchtet. Also vielzellige Individuen, deren generatives Keimplasma zufällig derartig war, dafs es ein wenig, oder ein wenig mehr usw. bei der Ontogenese solche Zellqualität produzierte, blieben erhalten und vererbten diese günstige Eigenschaft auf ihre Nachkommen. So wurde diese Zellqualität unter den Lebewesen verbreitet; das ist einigen Opponenten entgangen.

Ich habe ferner keineswegs übersehen, dafs der Kampf der Teile beim Auftreten neuer Zellqualitäten auch vernichten kann. Dadurch werden aber diese Qualitäten mit ihrem Träger „eliminiert“. Da ich im Gegenteil dazu die „gezüchteten“ also die „dauerfähigen“ und „dauerfördernden“ Zellqualitäten ermitteln und deren zweckmäfsig gestaltende Wirkungen darlegen wollte, so habe ich darauf nur kurz hingewiesen. Ich habe aber nirgends gesagt, dafs der Kampf der Teile „immer“ Erhaltungsfördernd wirken müsse.

Damit sind die prinzipiellen Einwendungen gegen meine Lehre vom „züchtenden Kampf der Teile“ (nicht aber diejenigen gegen Weismannes Anwendung derselben) weil wohl berichtigt und bezw. widerlegt.

vorstellen, so ist es der der „Selbstgestaltung“ des zur „Erhaltung“ Nötigen, bezugsweise der der „Selbstregulation“, sowie zugleich der der Überkompensation im Ersatze des Verbrauchten.

„Überkompensation in der Assimilation über den Verbrauch und „Selbstregulation“ in allen Verrichtungen sind also die Grundeigenschaften und die nötigen Vorbedingungen der Dauer des Lebens. Mögen die Lebensprozesse im Laufe der weiteren Differenzierung noch so kompliziert geworden sein, diese Charaktere müssen erhalten sein und müssen bei allen neuen Bildungen [auch chemischen Gebilden und Gestaltungen] überall wieder vorkommen, denn sie allein sind die Bürgen der „Dauerfähigkeit“ im Wechsel der Verhältnisse.

„Die „Selbstregulationsfähigkeit“ kann eine mehr oder minder grofse sein, je nach der Konstanz oder Variabilität der Verhältnisse. Die Überkompensation im Ersatze kann sich auf eine bestimmte Lebensperiode beschränken und danach aufhören sowohl für die einzelnen Gewebe und Organe als in der Bildung von Geschlechtsprodukten. Immerhin bleiben sie die nötigsten und charakteristischsten Eigenschaften alles Organischen, die wesentlichen Vorbedingungen der Weiterentwicklung des Organischen. Die Häufung dieser Selbstregulationseigenschaften aber nach mehrfachen Beziehungen hin und ihre Ausbildung bis zur gröfsten Ökonomie bildet die erste wesentliche Eigenschaft des Organischen. Erst als weiteres konnte dazu kommen die Fähigkeit der Kontraktilität, als Drittes die vielfache Gestaltung aus chemischen Prozessen.[1])

„[Die Häufung dieser „Selbstregulationen“ in dem Vollzug aller Leistungen und die wenigstens zeitweilige Überkompensation in dem Ersatze des Verbrauchten bei den Leistungen der Organismen und die Ausbildung dieser beiden Fähigkeiten bis zur höchsten Nützlichkeit für die

[1]) Die „typischen“ Lebensgestaltungen sind aber „primär“ physikalisch bedingt, können jedoch durch chemische Einwirkungen sogar in typischer Weise um- und weitergebildet werden. Siehe Ges. Abh. I S. 405 und Roux, Vortrag I, Die Entwicklungsmechanik, ein neuer Zweig usw., 1905, S. 118.

Selbsterhaltung, somit die momentane „rein funktionelle“ und die dauernde „morphologische funktionelle Anpassung“ bilden neben der Assimilation als Grundeigenschaft die wesentlichen Charakteristika alles Lebenden.]

„Um das Gesagte kurz zusammenzufassen, so erkannten wir:

„Das Anorganische wird nur durch die „äufseren“ Bedingungen erhalten und hört mit dem Wechsel derselben sofort in seiner bisherigen Natur auf. Gebilde, die im Gegensatze dazu bei diesem Wechsel sich selber erhalten, wie die Organismen, müssen sich selber zu regulieren vermögen um bestehen zu können, und dies weiterhin auch deshalb, weil ihre sonstigen Eigenschaften zu komplizierte sind, um, wenn sie einmal zerstört sind, in Kürze wieder von neuem durch Zufälligkeiten angelegt und rasch wieder zu höheren Graden weitergebildet werden zu können. Wenn ein solches Prozefsgebilde im Wechsel der Verhältnisse „gleichmäfsig“ fortgehen will, geht es einfach zugrunde. Das ist nichts Neues, im Gegenteil eine nur zu bekannte, zu oft erfahrene Tatsache; und es gilt ebenso für die Teile wie für das Ganze; wie alle Grundbedingungen und Grundeigenschaften der Lebewesen in gleicher Weise für die Teile und für die Ganzen zutreffen, denn das Ganze besteht blofs aus den Teilen. Jedes [von beiden] mufs sich an die Verhältnisse „anpassen“ können, und das ist blofs möglich durch die „Selbstregulation“, indem die geänderten Verhältnisse andere, dem Ganzen [in seiner Dauerfähigkeit] nützliche Funktionsgrade auslösen.

„Die „Selbstregulation“ ist [infolge des steten Wechsels der äufseren Verhältnisse] die Vorbedingung, das Wesen der „Selbsterhaltung“ der Lebewesen. Mit den Grenzen der Selbstregulation hat auch die Selbsterhaltung ihre Grenzen.

„Es liegt aufserhalb des Rahmens unserer Arbeit, alle Selbstregulationen, welche im Laufe der späteren höheren Differenzierung des Tierreiches aufgetreten sind, hier aufzuzählen. E. Pflüger hat eine Reihe derselben vor einigen Jahren zusammengestellt und auf die Tatsache ihres allgemeinen Vorkommens hingewiesen, ohne indessen ihre Bedeutung für die Entstehung und Charakterisierung des Organischen erkannt oder ausgesprochen zu haben.

Er stellte folgendes allgemeine Gesetz auf:[1])

„„Die Ursache jedes Bedürfnisses eines lebendigen Wesens ist zugleich die Ursache der Befriedigung des Bedürfnisses““, und er fügt für das spezielle Verhalten noch die beiden Gesetze hinzu: „Wenn das Bedürfnis nur einem bestimmten Organe zukommt, dann veranlafst dieses Organ allein die Befriedigung“. „Wenn dasselbe Bedürfnis vielen Organen gleichzeitig zukommt, dann veranlafst sehr häufig nur ein Organ die Befriedigung aller“.

„Danach war er gewifs nahe daran, die Selbstregulation als eine wesentliche Eigenschaft des Organischen, weil allein die Dauer verbürgend, zu erkennen; aber statt diese Folgerung zu ziehen, begnügt er sich mit der Resignation: „Wie diese teleologische Mechanik entstanden, bleibt eines der höchsten und dunkelsten Probleme.“

„Ich hoffe indessen, dafs durch den [NB. hier und in den früheren Kapiteln des Buches erbrachten] Nachweis derjenigen Eigenschaften, welche allein in dem Doppelkampfe [der Teile des Organismus und der Individuen] Sieg und damit Dauer gewinnen können, dieses Dunkel wenigstens in bezug auf das Prinzipielle der Entstehung etwas gelichtet worden ist.

„Es war Pflüger hinderlich, dafs er die Selbstregulationen für fertige, angeborene Mechanismen hielt, obgleich er in einem Hinweis auf das Verhalten in pathologischen Fällen schon den richtigen Weg betreten hatte. Die Lebewesen sind aber keine „Spieldosen mit Tausend oder Millionen Liedern, welche auf Millionen möglicherweise im Laufe des Lebens eintretender Bedürfnisse berechnet und eingestellt sind“, mit denen er sie vergleicht, sondern sie sind Gebilde, welche jeden Tag neue Lieder lernen können. Wie sich ein witziger Kopf, welcher in jeder Situation sofort das Wesentliche erfafst und geistreich pointiert zum Ausdrucke bringt, unterscheidet von einem blofsen Kolporteur von Witzen, der aus seinem angesammelten Vorrat den für die Situation passendsten aussucht, oder wie sich der richtige Arzt, welcher für jeden Krankheitsfall nach den individuellen Umständen desselben seine Ordination einrichtet, unterscheidet, von dem blofsen Routinier, der jeden Tag seine auswendig gelernten Rezepte immer von neuem an das kranke Publikum verkauft, ebenso unterscheidet

[1]) Archiv für die gesamte Physiologie. Bd. 15. 1875. S. 76.

sich der tierische Organismus von einem solchen mit blofser „Selbststeuerung“ versehenen Gebilde.

„Dieser letztere Ausdruck ist eigentlich die richtige Bezeichnung für die Auffassung, welcher Pflügers Arbeit zugrunde liegt, nicht aber Selbstregulation. Die Selbststeuerung ist eine Selbstregulation, welche für eine bestimmte Variationsbreite nach beiden Seiten von einer bestimmten „unverrückbaren Mittellage“ aus eingerichtet ist. Der Organismus aber hat Selbstregulationen allgemeinsten Charakters, bei denen nach einiger Zeit des Verharrens in einer abweichenden Lage diese letztere zur Mittellage der neuen Variationsbreite wird; und wenn die Abweichung immer nach einer Seite hin weiter fortgeht, so kann [NB. nach Generationen] die neue Mittellage viel seitwärts abliegen von dem Maximum der ursprünglichen Variationsbreite. Diese Distinktion ist nicht so spitzfindig und überflüssig, wie sie vielleicht scheint; sie mufs sogar entschieden betont werden, da die letztere Eigenschaft die Grundlage der den Organismen innewohnenden fortschreitenden Vervollkommnungsfähigkeit ist, während die erstere blofs eine für viele Fälle eingerichtete Stabilität darstellt.[1])

„[Aufser den Selbstregulationen in den hier vorwiegend besprochenen Erhaltungsfunktionen des schon Gebildeten mufs es auch Selbstregulationen bei den Gestaltungsfunktionen, also bei den Entwicklungsfunktionen geben. Diese müssen schon mit dem Beginne der „individuellen Entwicklung“ ja schon bei der „Vorentwicklung“[2]) in Tätigkeit treten können, um durch den Wechsel der äufseren Verhältnisse bedingte Störungen auszugleichen. Es wird eine der wichtigsten Aufgaben der kausalen Morphologie sein, auch diese gestaltenden Selbstregulationen neben denen der morphologischen funktionellen Anpassung zu ermitteln.]

„Zwar ist jetzt der Organismus [offenbar durch äufserst vollkommene Selbstregulationsmechanismen bei allen Gestaltungsprozessen derart]

---

[1]) Ges. Abh. I, S. 409, Anm.

[2]) Vorentwicklung, Proontogenesis nannte ich (1885) dasjenige Lebensgeschehen, welches vor dem Beginne der sogenannten Ontogenesis, also bis zur fertigen Bildung des reifen Eies und des reifen Spermatosoma stattfindet. Siehe Roux, Terminologie der Entwicklungsmechanik. 1912.

reguliert, dafs er trotz des Wechsels der äufseren Bedingungen und der unendlichen Komplikation des eigenen Innern sich annähernd konstant erhält. Aber diese Konstanz ist doch nur eine annähernde, blofs für flüchtige Betrachtung vorhandene; und die steten Veränderungen lassen sich, wie Darwin uns gelehrt hat, zu recht erheblichen Graden summieren. Auf niederer Stufe des organischen Lebens ist die Variabilität noch gröfser; und sie mufs früher, ehe auch für diese Organismen ein gewisses sich ins Gleichgewicht setzen mit der Umgebung eingetreten, und die regulatorischen Fähigkeiten so ausgebildet waren, noch viel gröfser gewesen sein."[1])

Damit sei die Reproduktion aus der Schrift der „Kampf der Teile im Organismus" abgeschlossen.

Zu der auf S. 11 gegebenen Definition ist also noch als eigenartigstes allgemeines Merkmal des Lebewesens: die Selbstregulationsfähigkeit in der Vollziehung aller Leistungen hinzuzufügen.

Ähnliche Definitionen des Lebens.

Eine Reihe von Jahren nach der 1881 erfolgten Veröffentlichung der vorstehenden Darlegungen erfuhr ich, dafs Herbert Spencer bereits im Jahre 1863[2]) das Leben als „eine bestimmte Kombination ungleichartiger, sowohl gleichzeitiger als aufeinanderfolgender Veränderungen im Zusammenhang mit äufseren Gleichzeitigkeiten und Folgen" definiert hat, und dafs er schliefslich als allgemeinste und vollkommenste Definition die Formulierung gab: „Leben ist die fortwährende Anpassung innerer Relationen an äufsere Relationen".

Er leitete diese (von Haeckel nicht zitierte) Auffassung durch scharfsinnige Betrachtungen besonders aus dem Verhalten der höheren Lebewesen ab.

Ich dagegen war, wie aus dem Vorstehenden sich ergibt, von den niedersten Lebewesen und deren Existenzbedingungen ausgegangen. Wir

---

[1]) Kampf der Teile, S. 70 oder Ges. Abh. I, S. 224.

[2]) Siehe Herbert Spencer, Die Prinzipien der Biologie, deutsch von B. Vetter. Bd. I S. 79, 1876.

kamen aber beide auf entgegengesetztem Wege in einer wesentlichen Beziehung, in bezug auf die Anpassung zu einem ähnlichen, ja scheinbar ganz gleichen, Ergebnis.

Es ist jedoch hinzuzufügen, dafs Spencer wie nach ihm 1866 auch Haeckel[1]) unter „Anpassung“ alle Veränderungen der Organismen versteht, die durch ihre Beziehungen zur Aufsenwelt, sei es direkt oder indirekt veranlafst werden, so dafs die „Anpassungen“ alle Produkte der Variabilität der Organismen im Gegensatz zur Vererbung, also zum Typischen umfassen.

Von mir wurde dagegen das Wort Anpassung immer nur für solche Veränderungen gebraucht, welche in den geänderten äufseren und inneren Verhältnissen die Selbsterhaltungsfähigkeit herstellen, wieder herstellen oder verbessern, also nur für die sogenannten „zweckmäfsigen“ Änderungen. Diese bilden einen ganz besonderen Teil jener sogen. Anpassungen. Sie sind in Anpassungen des Individuums und in solche der Spezies zu sondern.

Das Bestreben nach kausaler Erklärung machte die Sonderung dieser „wirklichen Anpassungen“ besonders aber der sogenannten „direkt“ zweckmäfsigen Änderungen des „Individuums“ von allen anderen Änderungen nötig, da sie ganz andere Ursachen und auch andere Bedeutung für die Erhaltung der Lebewesen haben als die anderen Veränderungen. Der Umstand, dafs ich bei dieser Sonderung das Wort Anpassung beibehielt, es aber in seiner Bedeutung einschränkte, hat manche mifsverständliche Deutungen meiner Lehre zur Folge gehabt, da diese Änderung eine Zeitlang nicht genügend beachtet wurde. Durch die Wiederauffrischung des Lamarckismus wurde dann der richtige Gebrauch des Wortes Anpassung unter Abweichung von Haekels Anwendung eingebürgert.

An dieser Stelle hier ist es von Bedeutung, dafs Spencer unter der zur Charakterisierung der Lebewesen verwendeten „Anpassung“ also etwas viel Weiteres versteht als ich, etwas, in welchem das nach meiner Auffassung

---

[1]) Haeckel, Generelle Morphologie der Organismen. Bd. I S. 152, Bd. II S. 191 ff. 1866. Haeckel unterscheidet 23 Arten von Anpassung im Sinne von blofser Veränderung, von denen aber nur zwei in unseren Begriff der „wirklichen Anpassung“ fallen. Natürliche Schöpfungsgeschichte, 8. Aufl. 1898, S. 208—234.

Wesentlichste zwar mit enthalten ist, ohne aber ausreichend in seiner Besonderheit gewürdigt zu werden.

Ich sehe in der „Veränderlichkeit“ der Lebewesen „durch die äufseren Umstände“, auf welcher nach Haeckel die Entstehung der ganzen Mannigfaltigkeit der Lebewesen beruht, kein besonderes Charakteristikum derselben; sondern für mich liegt das Charakteristischere im Gegenteil in dem geringen Grade dieser Veränderlichkeit, infolge der „Selbsterhaltung der Qualität“, welch' letztere sich trotz der immerhin noch möglichen Veränderungen der Lebewesen durch die äufseren Umstände doch sehr deutlich bekundet. Ohne diese Art von Autoergie würden die Lebewesen so veränderlich sein, dafs es keine wohl charakterisierten Spezies und Gattungen, Klassen gäbe; die Lebewesen wären daher überhaupt nicht lange dauerfähig, und ihre Produkte wären nicht so konstant, dafs z. B. der Verkäufer von Kuhmilch, welche ein Prozent Casein weniger als die normalen drei Prozent enthält, gerichtlich bestraft werden könnte, dafs die mittlere Gröfse der roten Blutkörperchen eines Blutfleckes zur gerichtlichen Entscheidung darüber genügend ist, ob Menschenblut vorliegt oder nicht.

Die von mir aufgestellte Definition erscheint mir daher sowohl durch die speziellere Angabe des allen Lebewesen gemeinsamen Geschehens, wie durch die Erkenntnis der Selbsttätigkeit, der Autoergie, in dem angegebenen bestimmt definierten kausalen Sinne und durch die Aufstellung der Selbstregulation als allgemeines und als die „wirkliche Anpassung“ „bewirkendes“ Geschehen bestimmter und vollständiger als diejenige Spencers. Solches konkrete Wesen und Vollständigersein mag vielleicht für Philosophen lästig sein; für die Naturforschung erachte ich es aber für nötig und daher für besser.

Um zur Definition des anderen meiner Auffassung nahestehenden Autors, Gust. Wolffs, mit Colucci des Entdeckers der Regeneration der Linse von der Iris aus, überzugehen, so sei zunächst an einen oben S. 28 bereits erwähnten Passus erinnert:

Ich sagte 1881: „Jedes Lebewesen mufs sich an die Verhältnisse anpassen können, und das ist blofs möglich durch die Selbstregulation.“ Das Buch vom Kampf der Teile handelt dann durchaus von dieser Anpassung.

Gustav Wolff[1]) ging von dem Tode des Lebewesens aus und sagte (1894): „Nach dem Tode werden rasch Veränderungen durch Einflüsse der Aufsenwelt hervorgerufen. Es bedarf des Schutzes vor der Aufsenwelt. Während des Lebens „lag der Schutz der organischen Materie in ihr, sie war diesen Einwirkungen angepafst".

„Die organische Materie verliert mit dem Tode die Anpassung an die Aufsenwelt; in dieser Anpassung mufs also etwas für das Leben Charakteristisches liegen."

„Und in der Tat, dasjenige, was uns die Lebenserscheinungen als etwas Andersartiges, in der anorganischen Natur nicht Vorkommendes erscheinen läfst, ist ganz ausschliefslich das Verhalten gegenüber der Aufsenwelt."

In diesen Worten ist, wie mir scheint, das Charakteristikum des Fürsichseins, das in der „Selbsttätigkeit" besteht, nicht genügend erfafst und ausgedrückt; und mit dem Tode ändert sich doch noch manches das Leben Charakterisierende aufser der Anpassung.

Dazu fügt Wolff die weitere Äufserung: „Die zweckmäfsige Anpassung ist das, was den Organismus zum Organismus macht, was sich uns als das eigentliche Wesen des Lebendigen darstellt".

Diese Auffassung bezeichnet also dasjenige, womit ich seiner Zeit die überkommene Definition vom Wesen des Lebens vervollständigt habe; sie ist somit keine Vervollständigung dieser Definition. Dagegen fehlt es dieser Auffassung an dem Merkmal der „Selbsttätigkeit" in dem vorstehend kausal präzisiertem Sinne. Diese Erkenntnis war ohne die prinzipielle Scheidung der am Lebensgeschehen beteiligten Faktoren in determinierende und realisierende auch nicht in exakter Weise möglich, obgleich sie vorher schon von manchen Autoren gefühlt war, welche von Selbsterhaltung und Selbstteilung der Lebewesen redeten. Wolffs Fassung fehlt es auch an dem allgemein vorhandenen und nötigen konkreten der Lebewesen und läfst die Erkenntnis vermissen, dafs die wirkliche Anpassung durch die Mechanismen der „Selbstregulation" bewirkt wird. Letzteres ist keineswegs

---

[1]) G. Wolff, Biol. Centralbl. 1894, S. 614 oder Beiträge zur Kritik der Darwinschen Lehre. Gesammelte u. vermehrte Abhandlung. Leipzig 1898, S. 62 u. f.

selbstverständlich, und liegt am fernsten den Vitalisten, zu denen G. Wolff seinen weiteren Ansichten nach, trotz manches Eignen zu rechnen ist. Nach der Meinung dieser wird die individuelle Anpassung statt durch unsere mechanistischen Selbstregulationen primär durch die Zwecktätigkeit einer Seele bewirkt. Sie glauben, dafs hinter allem kausal bedingten Geschehen als bestimmendes Agens die gestaltende Seele steht und zwecktätig wirkt; diese repräsentiert somit das eigentliche Wesen des Organischen. Ein gröfserer Unterschied als zwischen dieser Auffassung und unserer mechanistischen Definition des Lebens kann also kaum gedacht werden.

Ob das erbliche „Angepafstsein“ der „Spezies“ auch mit direkt durch „wirkliche direkte Anpassung“ des Individuums entstanden ist, oder ob es allein unter Ausmerzung der nicht dauerfähigen Individuen aus sonstigen Variationen derselben gezüchtet worden ist, hängt von der noch zweifelhaften Vererblichkeit oder Nichtvererblichkeit der „direkten Anpassungen“ unserer Definition ab.

B. Die „gestaltenden“ Regulationen der Lebewesen.

Nach dem Jahre 1881 habe ich die Selbstregulationen als Charakteristikum der Lebewesen ständig im Auge behalten und weiter verfolgt, zum Teil auch ihr weiteres Vorkommen ermittelt und die Lehre von ihnen durch eine Anzahl Äufserungen vervollständigt. Letztere sind in verschiedenen Schriften zerstreut. Sie sollen hier zur Ergänzung wenigstens in bezug auf das Prinzipielle vollständig angeführt werden.

Im Vorstehenden ist die „prinzipielle Notwendigkeit“ der Selbstregulationen für die Lebewesen dargelegt und besonders an den elementarsten Funktionen, denen des Stoffwechsels, der Bewegung und der einfachsten, blofs quantitativen gestaltenden funktionellen Anpassung erwiesen. Es war dagegen nur kurz gesagt, dafs dasselbe auch für alle anderen im Laufe der weiteren Differenzierung der Lebewesen erworbenen Funktionen gelten mufs, also für die Modifikationen der „Erhaltungsfunktionen“ sowie für die seelischen Funktionen und für die vielfachen „Gestaltungsleistungen“: für die spezielleren Gestaltungen der funktionellen Anpassung und für das

Gestaltungsgeschehen der typischen Entwicklung und für die Störungen des bereits Gestalteten. Über diese „gestaltenden“ Regulationen soll nunmehr das später von mir geäufserte noch mitgeteilt werden.

Über diejenigen gestaltlichen Selbstregulationen, welche die funktionelle Anpassung darstellen, verfafste ich aufser der in der Schrift: „Der Kampf der Teile im Organismus“ niedergelegten Theorie derselben eine Reihe von Spezialabhandlungen.

In diesen wurde (1878) die hämodynamische Gestaltung der Lichtung der Blutgefäfsverzweigungen erwiesen und die Möglichkeit ihrer Entstehung durch gestaltliche Selbstregulation dargetan.[1]) Ferner wurde die Selbstregulation der „morphologischen“ Länge und Dicke der Muskelfasern erkannt und mechanistisch erklärt.[2]) Danach wurde die von Jul. Wolff erkannte Ausbildung an neue Funktionsweisen angepafster trajektorieller Knochenstrukturen noch des Genaueren erwiesen und mechanistisch erklärt.[3]) Es wurde die wunderbar zweckmäfsige, an Komplikation weit die trajektoriellen Knochenstrukturen übertreffende Struktur der Schwanzflosse des Delphin beschrieben, funktionell gedeutet und die Möglichkeit aufgezeigt, wie diese Wunderbildung rein mechanistisch, durch funktionelle Anpassung, also gleichfalls durch gestaltliche Selbstregulation, entstehen konnte, wenn nur eine erste Anlage mit etwas funktionsfähiger Gestalt und ohne besondere Struktur gegeben war.[4]) Das Wunderbare liegt hier besonders darin, dafs mit einem nicht biegungsfesten Material hohe Biegungsfestigkeit produziert wird, dafs dies mit dem Minimum an Aufwand von Material und in der Weise geschieht, dafs die nach Bedarf höchste Biegungsfestigkeit mit minimalem Biegungswiderstand abwechselt.

[1]) W. Roux, Ueber die Verzweigungen der Blutgefäfse. Diss. inaug. Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. 1878 und 1879.

[2]) Ueber die Selbstregulation der „morphologischen“ Länge der Skeletmuskeln. Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. 1883.

[3]) Der Kampf der Teile im Organismus. Leipzig 1881. Ferner Beschreibung und Erläuterung einer knöchernen Kniegelenks-Anchylose. Arch. f. Anat. u. Physiol., anat. Abt. 1885.

[4]) Struktur der Schwanzflosse des Delphin. Arch. f. Anat. u. Physiol., anat. Abt. 1883. Alle vier sind zusammengefafst in Bd. I der Ges. Abh. über Entwicklungsmechanik der Organismen. Leipzig 1895.

Später zeigte ich noch, wie auf rein mechanistische Weise die Selbstregulation der Weite, Länge und Maschenweite der Blutcapillaren, sowie die Regulation der Lichtungsweite, der Wandungsdicke und der Länge der Arterien und Venen entstehen kann.[1])

Der Inhalt dieser Abhandlungen über die funktionellen Anpassungen ist schon einigermafsen bekannt; wir sehen daher hier von einem Eingehen auf sie ab, um später blofs noch das Prinzipielle der mechanistischen Erklärung derselben etwas zu erörtern.

Wir wenden uns nunmehr zu den gestaltenden Regulationen des typischen individuellen Entwicklungsgeschehens nebst ihrer Vorstufe im Keimplasma, sowie zum Ausgleiche der Gestaltungsstörungen der bereits mehr oder weniger entwickelten Teile des Lebewesens.

Über Regulationen im generativen Keimplasma.[2])

Es sei mit einer Bemerkung über die Regulation im generativen Keimplasma, also im Keimplasma der Eier und Samenkörper begonnen.[3])

„Die Ungleichheit unter den Kindern derselben Eltern und die Vererbungsfähigkeit eines Teiles dieser neu aufgetretenen Eigenschaften deutet darauf hin, dafs das generative Keimplasma in atypischer Weise veränderlich ist. Und das ist natürlich: denn nichts ist absolut konstant; nicht die Nahrung und daher auch nicht die Zusammensetzung des Blutes der Eltern, welches seinerseits die Nahrung des Keimplasmas darstellt. Trotz jedenfalls vorhandener regulatorischer Einrichtungen zur Erhaltung möglichster Konstanz wird die Assimilation des Keimplasmas ein Minimum variieren müssen, mehr bei der assimilatorischen Neubildung, weniger wohl bei der blofsen Erhaltung des schon gebildeten

[1]) Dies ist enthalten als Beigabe in: A. Oppel, Ueber die gestaltliche Anpassung der Blutgefäfse. Leipzig 1910. S. 69—129. S. auch: Roux, Terminologie der Entwicklungsmechanik. Leipzig 1912. Stichworte: Anpassung, funktionelle, Beanspruchungsgröfse, Selbstregulation.

[2]) Gegensatz ist das nach meiner Annahme in den Zellen des entwickelten Körpers (Soma) enthaltene „somatische Keimplasma".

[3]) W. Roux, Kritisches Referat über Hugo Spitzer, Beiträge zur Descendenzlehre und Methodologie der Naturwissenschaft. Göttinger gelehrte Anzeigen 1886 Nr. 20. Auch in Roux, Ges. Abh. I, S. 454.

Keimplasmas. Auch aus der jahrtausendelangen Konstanz vieler Spezies kann noch nicht auf den Mangel früherer [phyletischer] „Selbstdifferenzierung ihres Keimplasmas“ geschlossen werden. Denn die Konstanz der Spezies ist blofs das letzte Produkt der jedenfalls nur sehr langsam erworbenen, aber schliefslich zu bewundernswürdiger Vollkommenheit gebrachten Selbstregulationsmechanismen des Keimplasmas, welche dasselbe befähigen, trotz des grofsen Wechsels seiner äufseren Existenzbedingungen sich relativ unverändert zu erhalten und so zu vermehren. Denn ehe die diese Fähigkeit bewirkenden Mechanismen genügend ausgebildet waren, mufste das Keimplasma viel variabler gewesen sein; und es ist kein zwingender Grund zu der Annahme vorhanden, dafs zur Zeit der ersten Entstehung der geschlechtlichen Fortpflanzung allenthalben schon diese Vollkommenheit der Selbstregulation erreicht gewesen sein müfste. Und ebenso kann nach dem Auftreten erheblicher Veränderungen, seien diese nun infolge der Überwindung der Selbstregulation durch die äufseren Bedingungen oder nach Weismann durch geschlechtliche Vermischung verschiedener Keimplasmen hervorgebracht, eine Zeit geringerer Konstanz eingetreten sein; denn es mufsten alsdann erst neue Selbstregulationsmechanismen erworben werden, selbst wenn wir annehmen, dafs die Neuheit gleich „assimilationsfähig“ gewesen sei. Bei neuen Variationen, welche durch „äufsere“ Einwirkungen bedingt waren, wird dies [NB. die Notwendigkeit der Erwerbung der Selbstregulation] niemand bezweifeln. Aber auch, wenn die Neuheit durch Vermischung verschiedener für sich schon selbstregulationsfähiger Keimplasmen entstanden war, vermögen wir keinen zwingenden Grund dafür aufzuführen, dafs bei solcher Kombination selbstregulationsfähiger Mechanismen auch gleich selbstregulationsfähige neue Mechanismen entstehen müfsten. Dabei ist allerdings nicht zu übersehen, dafs diejenigen Kombinationen, welche, wie wir zu sagen gewohnt sind, zufälligerweise solche Eigenschaften von vornherein besafsen, viel dauerhafter waren und daher energischer gezüchtet werden mufsten, als solche Kombinationen, die die Selbstregulationsfähigkeit erst nachträglich erwerben mufsten.“[1])

[1]) Genaueres hierüber siehe: Roux, Ueber die bei der Vererbung von Variationen anzunehmenden Vorgänge usw. Leipzig 1913. 68 S.

Über die Selbstregulationen der individuellen Entwicklung.

Hierüber äufserte ich mich folgendermafsen:[1])

„Die „typische" Entwicklung kommt ganz rein für sich wohl nicht vor, denn schon die geringsten Abweichungen, wie z. B. die so häufigen Verschiebungen der Furchungszellen, die als die Folgen des mechanischen Bestrebens, die Oberflächenspannung der Zellen zu vermindern, stattfinden, wecken und aktivieren neue Mechanismen: die Mechanismen der Selbstregulation. Wenn diese letzteren in Tätigkeit treten, werden die abnorm gelagerten oder abnorm beschaffenen Teile unter die regulatorisch differenzierenden Wirkungen ihrer Umgebung gestellt. Diese gestaltenden Regulationsmechanismen werden geweckt durch jede „Störung" des normalen Zustandes: durch abnorme Lagerung, durch zeitlich oder qualitativ abnorme Veränderungen oder durch Defekt von Teilen. Wenn es eine Entwicklung ohne jede Variation, eine bis in alle kleinsten Vorgänge hinein typische Entwicklung eines Eies gäbe, würden bei diesem Ei die Selbstregulationsmechanismen nach meiner Meinung garnicht in Tätigkeit treten (wohl aber natürlich die „typischen" „differenzierenden Korrelationen").

„Da jedoch das Ei bei seiner Entwicklung von äufseren Bedingungen abhängig ist, indem es teils Ruhe (Schutz vor mechanischen Einwirkungen), teils umgekehrt Erschütterung (manche Fischeier), ferner Zufuhr von Wärme, Sauerstoff und flüssiger Nahrung braucht, so ist schon durch das „Variieren" dieser Faktoren eine Betätigung der Selbstregulation auch bei der sogenannten normalen [d. h.: „gewöhnlich" vorkommenden] Entwicklung in gewissem, aber geringem Grade nötig, ganz abgesehen von kleinen Unvollkommenheiten der typischen Entwicklung selber.[2])

„Und eben deshalb, weil nie „vollkommen" typische Entwicklung möglich war, konnten zunächst blofs solche Lebewesen entstehen, welche vom Anfang ihrer Entwicklung an dieses Regulationsvermögen besafsen. Bei den meisten niederen Tieren ist dies in dem Mafse vorhanden, dafs nach Zerstörung einer der beiden

---

[1]) Anatom. Anzeiger, Bd. 9, S. 280, 1894. Ges. Abh. II, S. 980—982.

[2]) Siehe auch: Kampf der Teile, S. 66 oder Ges. Abh. I, S. 220.

Furchungszellen, diese Selbstregulationsmechanismen sehr bald geweckt werden und dadurch entsprechend bald, bei einigen (z. B. Amphioxus) scheinbar „sogleich“, das „Ganze“ wieder hergestellt wird.

„Je mehr aber bei den höheren Organismen die Entwicklungsmechanismen fester geworden sind, und je mehr Selbstschutz vor Störungen durch Mitgabe von Nahrungsdotter, durch eine schützende Hülle oder zuletzt durch Einschluſs in den Mutterleib und mit diesem Sicherung einer konstanten Temperatur und Nahrung sowie Schutz vor allerhand äuſseren Einwirkungen erlangt worden ist, um so mehr tritt der Anteil der „Selbstregulation“ auf den frühen Stufen der individuellen Entwicklung gegen die „Selbstdifferenzierung“ einzelner Teile zurück.

„Dies ist bei den am meisten geschützten Embryonen, denen der Säuger in so hohem Maſse der Fall, daſs bis fast zur normalen Geburt gereifte Halbbildungen (Roux, Eckhardt) und reife Embryonen mit anderen groſsen Defekten: der Acormus und der Acephalus (rumpf- und kopflose Miſsbildungen) entstehen; ferner gehören hierher der Amorphus, die Teratome, letztere beiden wegen ihrer oft normal gestalteten, weit entwickelten isolierten Organe.

„Alle diese tierischen und menschlichen Defekt-Miſsbildungen der Mammalia legen unzweideutiges Zeugnis dafür ab, daſs die Postgeneration resp. Regeneration, also die „Selbstregulation“ oder sonstige „regulierende Wechselbeziehungen“ bei diesen höchsten Lebewesen nur in sehr unvollkommener Weise tätig sind, daſs dagegen die „Selbstdifferenzierung“ auf früher oder erst auf späterer Stufe isolierter Teile (des Eies resp. des Embryo) eine sehr groſse ist.[1])

„Die häufig veranlaſsten „Variationen“ der individuellen Entwicklung halte ich für den Grund der phylogenetischen Züchtung der regulierenden differenzierenden resp. umdifferenzierenden Wechselwirkungen (Ges. Abh. II, S. 911 u. 981).

„[Da auch der physiologische Tod der Gewebsbestandteile wohl nicht typisch, d. h. für jede einzelne Zelle usw. zu von Anfang der Ontogenese an normierter Zeit stattfindet, so muſs auch der Ersatz derselben,

[1]) Ges. Abh. II, S. 981 aus: Anatomischer Anzeiger 1894, S. 280.

die physiologische Regeneration atypisch, also auf dem Wege der Selbstregulation vor sich gehen.]

„Die „morphologische" Assimilation, der die gröfsten Rätsel einschliefsende Grundprozefs des Organischen, ist von bewundernswürdiger Vollkommenheit; sie mufs bei der steten Änderung der äufseren Umstände also aufserordentlich durch Selbstregulationsmechanismen gesichert sein. „Aber absolut Vollkommenes gibt es auch hier nicht", und von der ungenügenden „morphologischen" Assimilation und Reparation leite ich das typische Altern und den schliefslichen Alterstod ab."[1])

Die früher von mir für die typische Entwicklung angenommene qualitativ ungleiche Teilung des an dieser beteiligten Kernmaterials verwandte ich auch zur Ableitung der bei gestaltlichen Variationen nötigen Selbstregulationen, indem ich (1885) sagte: „Wenn also die Kernteilung die Qualitäten richtig voneinander zu sondern vermag, so ist für die Entwicklung noch erforderlich, dafs diese Sonderprodukte in die richtige Lagerung zu den verschiedenen Teilen des Zelleibes und zu den bereits vorhandenen Nachbarzellen gebracht werden (Ges. Abhdl. II pag. 316 u. f.).

„Man könnte anzunehmen geneigt sein, dafs diese Lagerung schon mit der chronologischen Teilungsordnung in der Weise fest verbunden wäre, dafs aus inneren Gründen jede folgende Teilung eine bestimmte Stellung zur Richtung der vorhergehenden Teilung einnähme, wofür das typische Furchungsschema der Tiereier und die Teilungsordnung an dem Vegetationskegel der Pflanzen zu sprechen scheinen.

„Solche starre Ordnung schlösse indessen jede „Selbstregulation" aus; und durch einen einzigen Fehler würde die ganze folgende Reihe von

---

[1]) Siehe Roux, Über die Selbstregulation der Lebewesen. Archiv für Entw.-Mech. Bd. 13. 1902 S. 624. 626; und derselbe: „Die vier kausalen Hauptperioden der Ontogenese, sowie das doppelte Bestimmtsein der organischen Gestaltungen." Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle a. S. Bd. 1. 1911 S. 10—13. Diese ungenügende Geweberestitution im Alter kann damit zusammenhängen, dafs das Individuum, nachdem für die Fortpflanzung genügend gesorgt ist, keinen Wert mehr für die Erhaltung der Spezies hatte und hat, so dafs die Züchtung aufhörte, also keine längere Dauer guter Gewebsqualitäten gezüchtet wurde. (S. Ges. Abh. I S. 653).

Teilungen in eine falsche Bahn gelenkt. Die Tatsachen beweisen indes, dafs Furchungsanachronismen ohne Nachteil ertragen werden. Und es ist, so viel ich (1885) weifs, noch keinem Forscher aufgefallen, dafs bei gröfseren Tieren derselben Spezies die Zellen entsprechend gröfser seien, als bei Individuen, welche infolge Nahrungsmangels kleiner geblieben sind; demnach würde die ungleiche Gröfse der Individuen wohl mit einer ungleichen Zahl von Zellteilungen in Verbindung zu bringen sein, welche bei dem obigen Modus zu einer sehr wesentlichen Störung führen müfste (Ges. Abh. II S. 316).

„Es sind nun im Speziellen verschiedene Selbstregulationsmechanismen des Entwicklungsgeschehens denkbar. Von diesen werden, meiner Ansicht nach, diejenigen am meisten Wahrscheinlichkeit für sich haben, welche dem vorhandenen Bedürfnis nach Selbstregulation am vollkommensten genügen. Ich vermute also sowohl einen qualitativen und zugleich richtenden Kausalnexus zwischen der qualitativen Natur der Kern- und der Protoplasmateilung einerseits, wie auch dieser beiden mit der Beschaffenheit und Lagerung der Nachbarzellen. Letzterer Kausalnexus hätte zu bewirken, dafs bei einem Überwiegen eines bestimmt „qualifizierten Sonderungsbestrebens“ in einer Zelle von den Nachbarzellen aus bestimmt werde, welche „Richtung“ die Kernspindel bei dieser Sonderung einzunehmen habe; während vielleicht auch umgekehrt bei einer durch die Lage der Nachbarzellen mechanisch gegebenen Zwangslage für die Kernspindel (s. Ges. Abh. II S. 303) mit der so von der Nachbarschaft bestimmten Teilungsrichtung auch zugleich ein gewisser, wenn auch vielleicht blos innerhalb prädisponierter Alternativen auswählender Einflufs auf die Qualität der sich vollziehenden Sonderung ausgeübt werden könne (1885).“[1]) Für die in höherem Grade atypische Entwicklung habe ich dann noch weitergehende Regulationen dieser Funktionen angenommen.

---

[1]) Diese im Jahre 1885 geäufserte Auffassung wurde später (Anat. Anzeiger 1903 S. 141) insofern modifiziert, als ich annahm, dafs alle indirekten Kernteilungen an sich „qualitative Halbierungen“ (Roux) bewirken, dafs aber, wohl vom Ende der Metaphase an, der Zelleib aktivierend und differenzierend auf zu ihm passendes Idioplasson des ebengeteilten Kernes wirken kann.

Über gestaltende Regulationen bereits entwickelter Teile des Lebewesens.

„Im Unterschied zu der typischen Entwicklung stellen die Postgeneration und die Regeneration des Entwickelten Entwicklungsmodi dar, welchen bei dem gegenwärtigen Stande unserer Erkenntnis, richtiger unserer Unkenntnis, etwas Metaphysisches anhaftet (Ges. Abh. S. 842–899). Die Umordnung der Zellen bei der Postgeneration der Semimorula des Echinideneies, des Hemiembryos der Frösche und der Ctenophoren sind im Wesen gleich rätselhafte, ja eher noch weniger rätselhafte Vorgänge wie die Umordnung der Zellen eines aus der ganzen Dicke der Leibeswandung gebildeten beliebig ausgeschnittenen Stückes der Hydra nach Trembley und Nufsbaum zu einem neuen kleinen Polypen. Bei diesem Polypen ordnen sich die Zellen eines atypisch grofsen und daher auch atypisch begrenzten Stückes eines Organismus zu dem typischen ganzen Organismus um, geschehe dies ausschliefslich durch Umordnung der Zellen des Stückes oder unter gleichzeitiger Vermehrung dieser Zellen. Bei unseren Halbembryoren geschieht dasselbe, aber von einem in gewissem Sinne typischen, nämlich aus einem der beiden ersten Furchungskugeln abstammenden Teile des Ganzen aus. Immer aber geschieht es unter anderer als der normalen, typischen Verwendung vieler Zellen, also unter Aufbau neuer Teile aus bisher anders verwendeten Bausteinen, in denen dabei jedoch wohl andere idioplastische Bestandteile in Tätigkeit treten (Ges. Abh. II S. 814. 1892). [Diese „Regeneration durch Umdifferenzierung und Umordnung“ (Roux) wurde erst ignoriert, dann bekämpft und ist jetzt allgemein angenommen. Sie wurde später (1901) von Morgan auch als Morphallaxis bezeichnet.]

„Und es ist zurzeit fast gleich rätselhaft, ob diese in neuer Weise verwendeten alten Bausteine diesen Aufbau aus eigener Initiative vollziehen, indem jeder Baustein zugleich auch innerhalb gewisser Sphäre Bauleiter im Sinne des Ganzen ist, oder ob eine solche Leitung nur von denjenigen Steinen ausginge, welche etwa noch in ihrer früheren Stellung und Funktion verbleiben (Ges. Abh. II S. 813 u. f.).

„Diese regulatorischen Tatsachen bei atypischen Vorgängen weisen bei gehöriger Würdigung auf ein inniges Zusammenwirken der Teile zum Ganzen und auf eine grofse Abhängigkeit der Teile vom Ganzen hin, trotz der ausgedehnten Selbstdifferenzierung bei der „typischen" Entwicklung, wodurch die Autonomie der Zellen sehr herabgesetzt wird (1889, Ges. Abh. II S. 41 u. 814—816).

„Das vorliegende Problem wird dadurch seltsam beleuchtet, dafs diese wunderbare Leistung nicht die letzte, höchste Blüte des organischen Gestaltungsvermögens darstellt, sondern dafs umgekehrt dieses Vermögen auf niederer Stufe in viel höherem Grade vorhanden ist als bei den höheren Organismen, wie sie auch bei höherem Alter des einzelnen Individuums abnimmt, so dafs im Gegenteil in diesen Perioden das Leben sich immer fester typisch-mechanisch gestaltet.

„Die Entwicklung der höheren Organismen ist also mit einer bestimmteren Mechanisierung der Vorgänge, mit einer Einengung des Lebens in typischere Bahnen verbunden.

„Zwar betätigt sich auch in uns Menschen noch fortwährend fast an allen Stellen das Vermögen der Regeneration unter Ausmerzung des schadhaft Gewordenen und unter seiner Ersetzung durch Neues. Aber wie beschränkt zeigt sich dies Vermögen nach gröfseren Defekten! Wie ist die Regeneration der Nerven, Knochen, Muskeln, der Haut an eng bestimmte Mechanismen gebunden! Wie unvollkommen regeneriert sich hier schon das einzelne Organ; und in wie viel beschränkterem Mafse werden erst gröfsere, aus mehreren Organen zusammengesetzte Stücke nacherzeugt!

„Aber eben die Beschränkung der Leistungsfähigkeit dieses anscheinend wunderbaren Vermögens auf bestimmte Mechanismen und auf einen bestimmten unvollkommenen Grad der Leistung bei den höheren Organismen weifst darauf hin, dafs hier doch nichts Metaphysisches vorliegt (Ges. Abh. II S. 815. 1892).

„Die regulatorische Entwicklung kann von einem atypisch grofsen „Stücke" eines mehr oder weniger „entwickelten" differenzierten Organismus ausgehen, wobei die Differenzierung bereits ihr höchstes Stadium erreicht haben oder, wie bei der frühesten Postgeneration eines zweigeteilten Eies, eben erst begonnen haben kann. Ihr Mechanismus mufs in jedem

Spezialfalle, je nach der mehr oder weniger differenzierten Ausgangsbeschaffenheit sowie nach der verschiedenen relativen Gröfse und Lage des fehlenden Teiles (oder nach der Ausdehnung, ev. Art der sonst stattgehabten „Störung“) ein äufserlich und mehr noch innerlich verschiedener sein. Die regulatorische Entwicklung hat also atypische Ausgänge, von denen aus sie aber gleichwohl bei vielen Tieren zu typischem Ende führt. Infolge dieser verschiedenen Ausgänge kann trotz des typischen Endproduktes der Verlauf kein ganz typischer sein; sondern in jedem besonderen Falle müssen seiner Besonderheit angepafste Regulationsmechanismen sich betätigen (Ges. Abh. II S. 845. 1893).

Ich zeigte (1893), dafs in der Regeneration nicht das wunderbare Problem vorzuliegen braucht, dafs das defekte, also „nicht mehr vollständig existierende Ganze“ sich seinem „idealen Typus“ entsprechend ergänzt, sondern dafs bei meiner Annahme von Vollkeimplasma in den Körperzellen, von somatischem Keimplasma, die Sachlage so ist, dafs unter Mitwirkung dieses anwesenden „potentiellen Ganzen“ der nicht vorhandene Teil des „entwickelten“ Ganzen ergänzt wird. Und ich wies darauf hin, dafs die besondere Art des Defektes zugleich die zureichende Ursache für die besondere Art des Regenerationsgeschehens sein kann.

Das ist eine rein mechanistische Fassung des Regenerationsproblems.[1])

Von Speziellem sei die regulatorische Versorgung neuer Organe oder Teile mit sensiblen Nerven erwähnt, die (1883) gelegentlich der kausalen Ableitung der Entstehung der Schwanzflosse des Delphin gegeben wurde.

Ich ging von der Versorgung überpflanzter Hautstücke, z. B. einer künstlichen Nase, mit sensiblen Nerven aus. Solches Hautstück erlangt allmählich im ganzen, vom Rande her beginnend, Empfindung. „Diese Erscheinung ist blofs möglich, wenn von den Nerven der Nachbarschaft aus Sprossung in das implantierte Hautstück so lange stattfindet, bis dasselbe vollkommen mit Empfindungsnerven versorgt ist. Wenn nun auch

---

[1]) Roux, Ueber Mosaikarbeit und neuere Entwicklungshypothesen. Anatomische Hefte. 1893 S. 302, oder Ges. Abh. II S. 842. Ferner Ges. Abh. II S. 894—906.

die Ursache des anzunehmenden schliefslichen Ruhezustandes, des Aufhörens der Nervensprossung, sobald alles genügend mit Nerven versorgt ist, und Nervenbezirk an Nervenbezirk grenzt, unbekannt ist, so steht doch die Tatsache der Versorgung mit Nerven an sich aufser Zweifel. „Es ist demnach wohl nicht zu kühn, anzunehmen, dafs auch, wenn ein neuer physiologischer Teil (hier die Schwanzflosse des Delphin) im Organismus entsteht, die sensiblen Nerven, obgleich sie in diesem Falle nicht durchschnitten sind, ohne weiteres in denselben hinein sich verbreiten, bis das ganze Organ damit ausreichend versehen ist.“ [1])

Als Letztes sei noch einiges aus dem zusammenfassenden Schlufskapitel meiner gesammelten Abhandlungen (1895) wiedergegeben (Ges. Abh. II S. 1021—1024).

„Die Analyse der organischen Gestaltungsvorgänge hat mich zu folgendem allgemeinsten Resultate geführt:

„Die Entstehung „typischer“ formaler Folgen aus „typisch“ geordneten Kombinationen von Ursachen [NB. wie sie im Keimplasma anzunehmen sind], hat für mich nichts prinzipiell Rätselvolles oder gar Teleologisches.

„Das höchste Rätsel der organischen „Gestaltung“ erblicke ich in dem zwar überaus schwierigen, aber doch nur speziellen Problem der „morphologischen Assimilation“, in dem bisher von Niemanden in seiner hohen Bedeutung erkannten Problem, wie „Gestaltetes“ sich im Stoffwechsel durch Assimilation erhalten, d. h. sich in gleicher Weise selber produzieren kann.[2])

„Diese „morphologische Assimilation“ ist vorläufig das letzte Glied meiner Analyse der organischen Gestaltung. Sie stellt die allgemeinste, wesentlichste und eigenartigste „gestaltliche“ Leistung des Lebens dar.

---

[1]) W. Roux, Delphinflosse, 1883, oder Ges. Abh. I S. 565. Später (1898 u. 1900) hat J. Forsmann durch ingenieuse Versuche wahrscheinlich gemacht, dafs bei solchem „Neurotropismus“ Hormonwirkung, chemische Anlockung vorliegt. Die Schlufswirkung, warum die Sprossung aufhört, wenn Bezirke wohl bestimmter Gröfse je eine Nervenendigung haben, ist noch zu erklären. Siehe auch Roux, Desmotropismus der sensiblen Nerven, Archiv für Entw. Mech., Bd. VIII, S. 356, 1899.

[2]) Die Schwierigkeit dieses Problems wurde später auch von Driesch (Die organischen Regulationen 1901) erkannt; dieser bedeutende Forscher erblickt in der morphologischen Assimilation sogar einen „Beweis“ vitalistischen Geschehens.

„Neben der die organischen Maschinenteile produzierenden „morphologischen“ Assimilation (im Unterschied zu der blofs das geeignete Betriebsmaterial produzierenden „funktionellen“ Assimilation, welche bisher von den Forschern fast allein zu analysieren versucht worden ist), sehe ich in den weiteren organischen Gestaltungen, welche durch die Entwicklung hervorgebracht werden, nur noch speziellere Probleme.

„Das nächstgröfste Rätsel der organischen Gestaltung ist die Bildung „typisch“ gestalteter Produkte bei „atypischem“ Ausgangsstück, also die regulatorische Entwicklung, die nach meiner Meinung auf blofs „kausal“ vermittelten „morphologischen Selbstregulationen“ von beschränkter Leistungsfähigkeit beruht, und bei der Re- und Postgeneration und beim Ausgleich von anderen gestaltlichen Störungen, z. B. bei Störung der Anordnung der Teile in Tätigkeit tritt.“ (Ges. Abh. II S. 1022).[1])

Das Vorstehende stellt das Wesentlichste meiner Äufserungen über die Selbstregulationen der Lebewesen bis zum Jahre 1895 dar. Sie umfassen alle Hauptgruppen: die rein funktionelle Regulation, die funktionelle gestaltliche Anpassung, den Störungsausgleich des Entwicklungsgeschehens und den Ausgleich der gestaltlichen Störungen des Entwickelten.

Die entwicklungsmechanische Forschung der folgenden Zeit hat uns durch die ausgezeichneten experimentellen Arbeiten von Driesch, Herbst, Barfurth, Braus, O. Hertwig, Fischel, Edm. Wilson, J. Loeb, Morgan, Harrison, Child, Herlitzka, Brachet, Bataillon, Delage u. a. sehr viele neue spezielle Regulationen kennen und uns vieles Neue über die sichtbaren Vorgänge, besonders der Regeneration, Superregeneration und Heteromorphose gelehrt. H. Driesch hat im Jahre 1901 das Thema zusammenfassend bearbeitet und eine philosophische Deutung versucht.[2]) Da in dieser Schrift aufser der funktionellen Anpassung meine vorstehend reproduzierten Äufserungen sowie die „Charakterisierung“ der Lebewesen „durch“ die Selbstregulation nicht berücksichtigt sind, so verfafste

---

[1]) Weiteres über die gestaltenden Selbstregulationen siehe in: Roux, Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik: Nr. I Die Entwicklungsmechanik, ein neuer Zweig der biologischen Wissenschaft. S. 76—86, 106, 115, 129. Leipzig 1905.

[2]) H. Driesch, Die organischen Regulationen. Leipzig 1901. 228 S. Derselbe, Philosophie des Organischen. Leipzig 1910. 2 Bde.

ich zur Ergänzung eine kurze Zusammenfassung des Hauptsächlichsten desselben.[1])

Driesch kam zu der Auffassung, dafs eine vitalistische Deutung der organischen Regulationen die einzig richtige sei; und manche andere Forscher schlossen sich ihm an oder vertreten selbständig wesentlich die gleiche, wenn auch in manchem Speziellen abweichende Auffassung.

C. Äufserungen über Psychomorphologie.

Gegen diese teleologischen, vitalistischen Deutungen, insbesondere gegen die Erklärungen unter Zuhilfenahme einer Entelechie oder gestaltenden Intelligenz habe ich mich mehrfach gewendet. Davon sei hier noch das Wesentlichste reproduziert.

Die vitalistischen Autoren, welche organische „Gestaltungen" von einem zwecktätigen, also seelischen Agens ableiten, nannte ich nach dieser Auffassung kurz Psychomorphologen. Mit dem Wort „Seele" wird hier nur eine „Gesamtheit seelischer Leistungen" bezeichnet.

Ich sagte:[2])

„Die Psychomorphologen denken anscheinend nicht daran, dafs wir Mechanisten uns nicht ohne weiteres und blind in den uns vorgeworfenen (angeblichen) Materialismus gestürzt haben, sondern dafs wir in unserer Jugend die Notwendigkeit der Mithilfe eines seelischen, wirklich zwecktätigen „Gestaltungsprinzips" eingehend geprüft haben, dafs wir aber die Annahme eines solchen Prinzips und besonders die Arbeit mit ihm zurückgestellt haben, weil ein solches Prinzip einfach alles und zwar auf dieselbe Weise erklärt, ohne dafs wir von dem für die verschiedenartigen zweckmäfsigen Gestaltungen notwendig verschiedenen determinierenden Faktoren und deren Wirkungsweisen etwas erfahren können.

„Ich hielt und halte es daher für besser, zu ermitteln zu suchen, wie weit die rein physischen Faktoren und Wirkungsweisen zur Ableitung der

[1]) W. Roux, Die Selbstregulation der Lebewesen. Arch. f. Entwicklungs-Mechanik. Bd. 13. 1902. S. 636—650.

[2]) Roux, im Archiv für Entwicklungsmechanik Bd. 24. 1907 S. 687.

vorliegenden organischen Gestaltungstatsachen ausreichen. Wir arbeiten daher mit der Annahme als Arbeitshypothese, dafs in den Lebewesen nur physische, das heifst physikalisch-chemische Faktoren direkt gestaltend wirken, ohne dafs „zwecktätige", also seelische Leistungen dazu direkt gestaltend nötig seien. Unsere bewufst tätige Seele, die „funktionelle Erhaltungsseele" (Roux), hat solche direkt gestaltenden Wirkungen überhaupt nicht, sondern sie wirkt gestaltend nur indirekt, durch zweckmäfsige (oder auch unzweckmäfsige) Aktivierung der beschränkten Mechanismen der „funktionellen Anpassung" sowie durch die von ihr gewählte Nahrung und sonstige gewählte äufsere Umstände oder Verhältnisse (Beruf), welche ihrerseits die Gestaltung beeinflussen können.

„Da die uns selber bewufst tätige „funktionelle Erhaltungsseele" die vorkommenden, anscheinend „zweckmäfsigen" direkten Gestaltungswirkungen nicht ausübt, so müssen die Psychomorphologen in den Lebewesen (oder auch aufserhalb derselben, Ed. von Hartmann) noch eine zweite, für uns nicht ins Bewufstsein tretende, aber ihrer selbst bewufste „zwecktätige" „gestaltende" Seele, die Gestaltungsseele annehmen und in uns wirken lassen. In jedem Falle mufs bei „wirklich zweckmäfsigem" Geschehen ein Ziel von einer Intelligenz gesetzt, also determiniert werden; und von dieser Intelligenz müssen die geeigneten physischen „Mittel" zur „Ausführung", zur Realisierung des Gewollten, des seelisch „Determinierten" ausgewählt und in Tätigkeit gesetzt werden.

„Wir nehmen dagegen „möglichst weitgehend" an, dafs im Gegensatz zum wirklich Zweckmäfsigen in den organischen „Gestaltungen" nur scheinbar Zweckmäfsiges, das ist Dauerfähiges, vorliegt, welches ausschliefslich durch rein Physisches nicht blofs „ausgeführt", sondern auch „determiniert" wird.

„Es ist überaus leicht, zweckmäfsig Erscheinendes von einem wirklich zwecktätigen Agens abzuleiten. Diese Annahme bleibt uns immer noch, wenn die andere als nicht zureichend „erwiesen" sein wird, was jetzt, erst kurz nach dem Beginne exakter kausaler Forschung zwar vielfach so scheinen mag, aber nicht bewiesen werden kann. Sehr schwer ist es dagegen, solches „scheinbar Zweckmäfsige" von nicht

zwecktätigen Agentien abzuleiten. Erstere Ableitung aber läfst alle in den verschiedenen Fällen verschiedenartigen Determinationen unbekannt, verlegt sie in ein in seinen Wirkungsweisen nicht aufhellbares Prinzip. Die exakte Naturforschung aber soll auch diese „Bestimmungsfaktoren“ und ihre Wirkungsweisen erforschen. Gemeinsam ist beiden Auffassungen die Erforschung der physikalisch-chemischen Ausführungsfaktoren des Determinierten, denn dafs das durch angeblich seelisches Wirken „Determinierte“ durch physische Faktoren ausgeführt, realisiert werde, geben auch die Psychomorphologen zu.

„Wenn ich seinerzeit (1880), als ich nach einer Erklärung für die „wunderbar zweckmäfsigen“ direkten Anpassungen der Knochen, Blutgefäfse, Muskeln usw. an neue Funktionen suchte, das Determinationsprinzip der Psychomorphologen hätte verwenden wollen, so war die Aufgabe sogleich gelöst; es war nur nach der Art der Vitalisten zu sagen: Eine zwecktätige, gestaltende Seele hat das veranlafst. Aber was hätten wir dadurch an Einsicht gewonnen?

„In dem Streben nach einer anderen, mehr Klarheit über die Art des in jedem Einzelfalle bestimmenden Geschehens bringenden Lösung halte ich meinen Nachweis für förderlicher, dafs und auf welche Weise diese anscheinend zweckmäfsigen neuen Strukturen durch die erzwungenen neuen abnormen Funktionsweisen selber direkt determiniert und ausgeführt werden können (Arch. f. Ent.-Mech. 24 S. 687).

„Unsere Psychomorphologen mögen einmal versuchen, statt eine gestaltende Intelligenz anzurufen und in Tätigkeit zu setzen, diese Art der Arbeit fortzusetzen und den Nachweis zu erbringen, dafs auch die anderen direkt „zweckmäfsigen“ Gestaltungen, z. B. die Regeneration, „nur Mechanomorphosen“ sind. Dann werden sie den Wert solcher Arbeit erkennen. Wenn ihnen das gelungen ist, dann wird vielleicht auch wieder die nächste Generation finden, dafs dies „selbstverständlich“ sei, da gerade diese Gestaltungen „nur Mechanomorphosen“ seien.

„Die Erkenntnis des speziellen regulatorischen Geschehens bei dem Ausgleich der gestaltlichen Störungen, bei der Regeneration usw. ist noch Niemandem gelungen. Doch habe ich wenigstens gezeigt, dafs in der Regeneration kein metaphysisches Problem vorzuliegen braucht, nicht wie

gewöhnlich angenommen wird, das Problem, wie aus einem im Einzelfalle „nicht mehr real existierenden Ganzen“ das „Ganze“ nach seinem ideellen Typus real wieder hergestellt wird; sondern nur das rein mechanistische Problem, dafs unter Mitwirkung des noch real aber in „unentwickeltem“ Zustande (als Keimplasma der Körperzellen) vorhandenen typischen Ganzen ein dem „entwickelten“ Ganzen fehlender Teil wieder hergestellt wird.[1])

„Wir müssen also meiner Meinung nach zunächst danach streben, alle anscheinend teleologischen Gestaltungsvorgänge möglichst weit auf rein physische Faktoren, und zwar nicht blofs auf physische Realisationsfaktoren, sondern auch auf solche Determinationsfaktoren zurückzuführen. Und solche Lösungen müssen wir selbst, wenn sie auch nur erst wahrscheinlich gemacht worden sind, schon den nichts aufklärenden „teleologischen“ Ableitungen vorziehen.

„Das ewig noch ein grofser, mechanistisch ungelöster Rest bleiben wird, daran ist nicht zu zweifeln. Auf diesen dunklen Rest können die Psychomorphologen stets ihre teleologische Hypothese anwenden und äufsern, dafs nach ihrer Meinung in diesem von der Naturforschung nicht aufgeklärtem Teile erst das eigentlich Wesentliche, das die letzte Einheit des Lebens Repräsentierende, enthalten und wirksam sei. [Sie können diese Auffassung jedoch nicht beweisen.]

„Durch die beiderseitigen Bestrebungen wird das grofse Unbekannte von zwei entgegengesetzten Seiten aus in Angriff genommen und so die Erkenntnis durch Gegner doch gemeinsam gefördert.

„Übrigens machen es sich nicht alle Psychomorphologen so leicht, als es ihnen ihr an sich zur Erklärung überaus bequemes, weil in Gedanken omnipotentes Prinzip erlauben würde. Manche, z. B. Driesch, suchen, und das ist ihr auch für uns wertvolles Verdienst, ähnlich den Entwicklungsmechanikern nach speziellen „beständigen, d. h. unter

[1]) W. Roux, Anatomische Hefte. 1893. S. 302; ferner Ges. Abh. II S. 842, 894—906; und derselbe Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik. Nr. I, Die Entwicklungsmechanik, ein neuer Zweig der biologischen Wissenschaft. Leipzig 1905. S. 83. Die bei diesem Geschehen nötigen Correlationen zwischen somatischem Keimplasma und Soma sind weiterhin skizziert in Roux, Über die bei der Vererbung anzunehmenden Vorgänge usw. Leipzig 1913 S. 14 und 60—67, da sie auch für die Vererbung somatischer Variationen von Bedeutung sind.

gleichen Umständen stets in gleicher Weise stattfindenden Einzelwirkungen ihres Agens". Und ich hoffe, dafs wir später mit unserer mechanistischen Analyse an die einfachsten Ergebnisse ihrer Analyse werden anknüpfen können, um sie auf mechanistische Weise abzuleiten und so der „Naturforschung" einzuverleiben.

„Soweit sich die Differenz zwischen beiden autagonistischen Gruppen von Forschern auf das ganz Unbekannte bezieht, haben zunächst beide Gruppen gleiches Recht auf Anerkennung. Die strittige Differenz besteht darin, dafs sowohl der Teleolog wie der Mechanist sich bestrebt, das Gebiet der von ihm angenommenen Wirkungsweise möglichst auszudehnen. Hierin liegt die eigentliche Gegnerschaft der beiden Richtungen. Manche Teleologen bringen möglichst viel statt möglichst wenig Teleologisches in das organische Gebiet; während wir mit mehr Recht möglichst viel Mechanismus hineinzudeuten suchen, denn das mechanistische Wirken ist einfacher, klarer (Arch. Bd. 24 S. 687 u. f.).

„Das jetzt bereits als rein physikalisch-chemisch erkannte Geschehen ist aber nicht das einzige Geschehen, welches die Charaktere des „Mechanistischen" haben kann. Sondern alles lückenlos der Kausalität folgende Geschehen ist mechanistisch. Somit ist auch seelisches Geschehen hier zu berücksichtigen, soweit es als diesem Prinzipe folgend aufgefafst wird" [und soweit „direkt" gestaltende Wirkungen desselben erweisbar sind].[1])

[1]) Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 25. S. 721—725. 1908.

III.

Allgemeines über die organischen Regulationen.

Fassen wir nun nach der vorstehenden Rekapitulation zumeist schon vor längerer Zeit getaner Äufserungen das allgemeinste Ergebnis zusammen. Danach soll dasselbe noch auf die Notwendigkeit vitalistischer resp. auf die Möglichkeit mechanistischer Erklärung geprüft werden.

A. Definition der organischen Regulationen.

Die Regulationen der Lebewesen sind solche Reaktionen derselben auf ändernde, die Dauerfähigkeit herabsetzende Einwirkungen, welche die Änderung wieder vermindern resp. ausgleichen und so die Dauerfähigkeit wieder erhöhen ev. sogar gegen früher vergröfsern, oder welche die ändernde Einwirkung abschwächen. Kürzer gefafst sind es Reaktionen der Lebewesen, welche die verminderte Dauerfähigkeit wieder erhöhen oder der Verminderung vorbeugen. Dies Geschehen kann sowohl die Organisation wie die Betriebsfunktionen betreffen.

Nicht mitgefafst ist bei dieser rein auf der Selbstnützlichkeit beruhenden Definition die Wiederherstellung solcher typischer oder normaler „Gestaltungen" und sonstiger Eigenschaften, welche keine Beziehungen zur Dauerfähigkeit haben, wie allerhand nebensächlicher Spezischaraktere, die aber gleichfalls bei der Regeneration und Reparation wieder dem Typus zugeführt werden. Man könnte auch eine rein das Formale bezeichnende Definition geben und sagen: Die organischen Regulationen sind Wiederherstellungen des gestörten Typus. Dabei wäre aber die funktionelle Anpassung übergangen.

Der Periode des Lebewesens nach können die Selbstregulationen eintreten infolge von Alterationen:

1. des Keimes (S. 34 u. 35),

2. des Entwicklungsverlaufes (S. 36),

3. des Entwickelten im Embryonalleben und in dem ganzen folgenden Leben, genauer in den vier kausalen Perioden meiner Definition.[1])

Das Regulationsgeschehen der „entwickelten" Organisation kann betreffen:

a) die Erhaltungs- und Betriebsfunktionen,

b) die Gestaltungen und sonstigen Qualitäten: Defekt, Deformation, qualitative Änderung.

Die Regulation ist sehr verschieden, je nach der Dauer der alterierenden Einwirkung:

1. Nach kurz dauernder, einmaliger Einwirkung findet Verminderung oder Ausgleich der Alteration statt, so Regeneration eines entfernten Teiles, vermehrter Nahrungserwerb bei Hunger, Antitoxinbildung.

2. Bei lang dauernder oder oft wiederkehrender alterierender oder störender Einwirkung findet dauernde, also strukturelle Änderung: dauernde Anpassung an die Einwirkung statt.

Diese Anpassung kann bestehen a) in der Bildung von Schutzvorrichtung gegen die Einwirkung, z. B. Verdickung der Haut, Abwehranpassung.

b) In gestaltender Änderung, welche die Dauerfähigkeit steigert (funktionelle Anpassung).[2])

Die Regulationen der Lebewesen sind keineswegs vollkommen, omnipotent. Wenn das der Fall wäre, wären die Individuen nicht nur an sich unsterblich, sondern überhaupt nicht tödtbar.

---

[1]) W. Roux, Die vier kausalen Hauptperioden der Ontogenese, sowie das doppelte Bestimmtsein der organischen Gestaltungen. Mitteilungen der Naturforsch. Ges. zu Halle a. S. Bd. I. 1911. S. 1—13. Selbstverlag der Ges.

[2]) Bezüglich der speziellen Regulationen sei auf die Schriften von W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 1897 I, Curt Herbst, Formative Reize in der tierischen Ontogenese, Leipzig 1901, Driesch, Die organischen Regulationen, Leipzig 1901 und Secérov, Die Zweckmäfsigkeit des Lebens und die Selbstregulation der Organismen. Biolog. Centralbl. Bd. 33, 1913, verwiesen.

B. Die organischen Regulationen sind „Selbstregulationen" der Lebewesen.

Die besprochenen Regulationen der Lebewesen werden in der „Art ihres Geschehens" allein durch Faktoren, welche in dem Lebewesen selber gelegen sind, bestimmt. Nichts deutet darauf hin, dafs etwa äufsere Faktoren „die spezifische Art des Regulationsgeschehens" „bestimmen", obschon manchmal äufsere realisierende Faktoren wie Wärme, Nahrung, zu diesem Geschehen nötig sind und manche äufsere Faktoren auch die allgemeine Art des Geschehens, z. B. die Geschwindigkeit desselben mit beeinflussen. Diese Regulationen sind also Selbstregulationen im Sinne unserer kausal analytischen Definition des „Selbst", dafs Selbsttätigkeit eines Gebildes solche Tätigkeit desselben ist, deren „spezifische Art" allein durch in ihm selber gelegene Faktoren „bestimmt" wird, resp. dafs die Tätigkeit „soweit" Selbsttätigkeit ist, als letzteres der Fall ist.

Den Gegensatz dazu bilden Regulationen, welche durch „äufsere" determinierende Eingriffe, zum Beispiel durch ärztliche Eingriffe, wie die künstliche Bildung eines harten Gaumens oder Korrektur des schiefen Kniees durch Ausschneiden einer keilförmigen Scheibe der Tibia oder durch Anlegung eines Apparates, geschehen.

Wenn etwa die Entelechie, welche nach der Auffassung einiger Forscher die organischen Regulationen determiniert, nach Ed. von Hartmann von aufserhalb auf das Lebewesen wirkte, so wären die organischen Regulationen keine „Selbstregulationen der Lebewesen". Und wenn die Entelechie zwar im Lebewesen ihren Sitz hätte, aber nach Driesch etwas Immaterielles und Nichtenergetisches wäre, so wären die organischen Regulationen wenigstens keine Selbstregulationen des „physischen" Lebewesens.

Ersteres nehmen unsere derzeitigen Vitalisten für das jetzige Lebensgeschehen nicht an. Wir haben zu dieser Annahme erst recht keine Veranlassung. Aber wir werden sehen, dafs es doch Vitalisten gibt, welche in bezug auf das phyletische, neue bestimmte Gewebsqualitäten produzierende Geschehen mit dieser Annahme arbeiten (S. 76).

Wir betrachten also die organischen Regulationen als in ihrem Wesentlichen, in dem spezifisch Regulatorischen allein in dem Lebewesen

determiniert, und ich bestätigte dies (1893) durch den Hinweis, dafs die spezielle Art des in jedem einzelnen Falle stattfindenden Regulationsgeschehens „durch die Art der Störung“ selber bestimmt werden kann. Die Störung wird zwar meist von aufsen bewirkt; aber wenn sie erst bewirkt ist, dann ist ihr Produkt, ein in dem Lebewesen vorhandener Zustand und damit ein innerer Faktor, und dieser veranlafst in Gemeinsamkeit mit der vorhandenen Organisation des Lebewesens die besondere Eigenart des regulatorischen Geschehens.

Als „Selbstregulationen“ gehören die organischen Regulationen also zu den „Autoergasien“ der Lebewesen.

Wir wollen uns diese Selbstdetermination der Regulation noch an der Regeneration etwas klarer machen.

Wenn z. B. einem Triton die linke Hand abgebissen worden ist, so ist dieser Zustand die Veranlassung, dafs die allgemeine vorhandene Regenerationspotenz gerade diese linke Hand, soweit sie fehlt, wieder bildet (Ges. Abh. II S. 842. 898. 906).

Wenn aber die Hand abgeschnitten ist, und wir dann nach Barfurth und Tornier den Stumpf der Länge nach spalten und den Spalt offen erhalten, so werden je nach der Tiefe der Längsspaltung überzählige Finger, eventuell zwei ganze Hände gebildet. Durch reine Längsspaltung wird nach den Versuchen von Trembley, Hel. King an Hydra, von Morgan, Randolph, Bardeen u. a. an Plattwürmern die Bildung von zwei Köpfen veranlafst.

Die besondere Art der Verletzungen ist also die zureichende Ursache für die besondere Art des Regenerationsgeschehens.

C. Sind die Selbstregulationen der Lebewesen wirkliche Zweckmäfsigkeiten oder blofse Dauerfähigkeiten?

Dafs die organischen Regulationen für das Lebewesen „sachlich zweckmäfsig“, das heifst nützlich sind, wird niemand bezweifeln. Aber unter einer „Zweckmäfsigkeit“ im wahren, also „genetischen“ Sinne ist nicht das aus irgendwelchen Ursachen Entstandene, aber einem von nicht Mitwirkenden gedachten Ziele oder Zwecke Entsprechende, sondern nur

das einem vorgedachten Zwecke entsprechend geleitete Geschehen und dessen Produkt zu verstehen. Nur solches Tun oder Geschehen ist Zwecktätigkeit, Teleoergasie (von τέλος Zweck [Stamm τελε] und ἐργασία Tätigkeit), und das Produkt ist die wahre oder genetische Zweckmäfsigkeit, Epitedeiotes [ἐπιτηδειότης Zweckmäfsigkeit, von ἐπιτηδεύω mit Fleifs, Sorgfalt machen], konkret das wirkliche „Zweckgebilde", Teleomorphose [μόρφωσις Gestaltung, Gestalt]. Da Teleologie für die ganze Lehre vom Zweckmäfsigen also sowohl von der genetischen Zweckmäfsigkeit wie vom blofs sachlich Zweckmäfsigen, das ohne Zwecktätigkeit entsteht, in Gebrauch ist, besagt „teleologische Gebilde" nichts Genaues; wir bezeichnen daher ein durch Zwecktätigkeit produziertes Gebilde als teleomorphes Gebilde oder als Teleomorphose).

Wenn kein zwecktätiges Agens an einem „sachlich zweckmäfsigen" Geschehen „in Hinsicht auf diesen Zweck determinierend" beteiligt ist, dann liegt nur „scheinbare Zwecktätigkeit", Pseudo-Teleoergasie, resp. Pseudo-Teleomorphose, vor.

Da die Dauerfähigkeit des Lebewesens die erste allgemeinste Vorbedingung seines Lebens ist, so erscheint Vielen das Andauern des Lebens als Lebenszweck; und alles, was die Dauer fördert, erscheint dann als diesem Zwecke entsprechend, als „sachlich zweckmäfsig". Es ist aber einfacher und bezeichnender, den Inhalt des Wortes Zweck im Einzelfalle, hier die Dauerfähigkeit gleich zu nennen, zumal wenn wie bei den Organismen der Zweck an sich blofs eine Annahme, eine Vermutung, der Inhalt des Wortes aber eine Tatsache ist.

Man glaubte bekanntlich lange Zeit, dafs alle Organisationen der Lebewesen, welche die Erhaltung derselben fördern, von einem Schöpfer gewollt und ausgeführt seien, also wahre Zweckmäfsigkeiten, Teleomorphosen wären.

Der Darwinismus hat uns aber gelehrt, dafs die sachlich zweckmäfsigen Organisationen der Lebewesen gleichwohl nicht auf diese Weise entstanden zu sein brauchen, sondern dafs dasselbe leistende Einrichtungen aus kleinen zufälligen Variationen durch Überbleiben und Aufspeicherung des Dauerfähigen entstehen und zu grofsen Pseudoteleomorphosen gesteigert werden können, welche die „Dauer" des Lebewesens erhalten, also fördern. Deshalb

nannte ich solche zweckmäfsigen Gestaltungen (1881) objektiv: Dauerfähigkeiten; konkret „dauerfähige Gestaltungen", Dauergebilde, wofür international „Bebaiomorphose" (von βέβαιος dauerhaft) gesagt werden kann.

Es ist aber nun das grofse Problem, ob in den regulierenden Reaktionen der Lebewesen, welche die Dauerfähigkeit herstellen oder erhöhen, genetische Zweckmäfsigkeiten, Teleomorphosen oder blofse Dauerfähigkeiten, Bebaiomorphosen vorliegen, resp. wie weit etwa ersteres, wie weit letzteres der Fall ist.

Wenn die organischen Regulationen omnipotent wären, und wenn sie ausnahmslos die Dauerfähigkeit „erhöhend" wirkten, so müfsten sie als Teleoergasien erscheinen.

Wir wissen aber, dafs die Regeneration vielfach recht mangelhaft ist, so bei den Wirbeltieren, insbesondere bei den Menschen. Und die „Superregeneration" Barfurths zeigte in der Bildung überzähliger Finger, Schwänze und Köpfe, dafs direkt Dauerschädigendes statt Dauerförderndes durch das auch hier noch als Regeneration bezeichnete Geschehen produziert werden kann. In diesem Geschehen liegt zudem nicht etwa nur eine „Störung", eine Hemmung der zweckmäfsigen Tätigkeit vor, die ja leicht erklärlich wäre, sondern eine positive Produktion, eine neue Bildung von an sich Gutem, dem Typus der Organisation des Individuums Entsprechendem; aber eine Produktion, welche für das Lebewesen nach Lage der Verhältnisse dauermindernd ist.

Früher dachte ich, die Regeneration fände in der Weise statt, dafs aus dem totipotenten somatischen Keimplasma der Körperzellen durch den „Defekt an sich" die Potenzen zur Bildung dessen aktiviert werden, was nicht mehr in entwickeltem Zustande vorhanden ist, was also dem entwickelten Ganzen fehlt, somit nicht mehr in normaler Weise als anwesend wirkt.

Das trifft aber bei der reinen Superregeneration Barfurths nicht zu. Soweit hierbei ein „Mehr", als typisch ist, gebildet wird, liegt eine „Regeneration", eine Wiederbildung gar nicht vor, denn es wird etwas gebildet, das gar nicht fehlt, sondern noch in entwickeltem Zustand und zumeist normal beschaffen vorhanden ist. Oft geschieht diese Superproduktion verbunden mit Neuproduktion von Fehlendem zugleich. Aber es wird durch

reine Längsspaltung auch reine Superproduktion ohne gleichzeitige Regeneration veranlafst. Wir haben auch in den Teratomen und gutartigen Tumoren oft Fälle, in denen eine Mehrbildung von „typischer Beschaffenheit“ ohne vorherigen Defekt stattfindet.

Ich hatte bereits im Jahre 1893 die Regeneration[1]) nicht mehr auf die eben erwähnte Weise vom „Fehlen“ der entwickelten Teile „am Ganzen“, sondern von dem durch den Defekt oder durch die Zusammenhangstrennung bewirkten Fehlen der normalen Nachbarschaftswirkungen der Teile aufeinander abgeleitet.

Diese Art der Verursachung erklärt auch die reine Superregeneration. Nach der Längsspaltung fehlt Teilen blofs die normale Nachbarschaft, obgleich diese Teile selber „dem Ganzen“ nicht fehlen. Und es wird infolgedessen so lange Neues produziert, bis die Teile wieder möglichst weitgehend normale Nachbarschaftswirkungen erfahren. Seitdem sind aber von Przibram (Scheerenumkehr), v. Ubisch u. a. Tatsachen entdeckt worden, welche vielmehr, als in der ersteren Annahme schon enthalten war, auf die das Regenerationsgeschehen determinierende Mitwirkung vieler ev. aller noch in normalem Zustande anwesenden Teile „des Ganzen“ hinweisen.[2])

In der Regeneration liegt Geschehen vor, das an sich sehr wohl als durch ein zwecktätiges Agens verursacht, beurteilt werden kann. Die als Superregeneration bezeichnete Variation desselben bekundet aber deutlich, dafs doch nur mechanistisches Geschehen vorliegt, da das Geschehen, wenn auch an sich Typisches, doch ganz Unzweckmäfsiges „schafft“, neubildet.[3])

---

[1]) Ges. Abh. II S. 834, 898.

[2]) Es gibt Übergangsstufen von diesen Regenerationen und Superregenerationen durch „Sprossung“ bis zu der von mir (1894) sogenannten Regeneration rein durch Umordnung und Umdifferenzierung von Zellen ohne Vermehrung derselben, ein Geschehen, welches Morgan 1902 Morphallaxis genannt hat. Auch hierbei kann das Fehlen normaler Nachbarschaftswirkungen eines der auslösenden und determinierenden Momente sein, denn indem von der Wunde aus die Änderung, z. B. die Umdifferenzierung, vor sich geht, erhalten immer die nächstfolgenden Teile neue alterierte Nachbarschaft.

[3]) In der freien Natur kommen solche Längsspaltungen und daher auch diese unzweckmäfsigen Reaktionen darauf nicht oder überaus selten vor. Das Regenerationsgeschehen liefert Dauerfähigkeit nur für die in der Natur öfter vorkommenden Verletzungen und Defekte. Das deutet auf die Züchtung desselben hin, wie ich sie von Anfang (1881) an für die Ausbildung der Selbstregulationen angenommen habe.

Das ist eine eines „zwecktätigen“ Agens ganz unwürdige „produktive“ Tätigkeit. Dafs auch ein zwecktätiges Agens in seiner Tätigkeit gehemmt, gestört werden kann, und deshalb „Mangelhaftes, Unvollkommenes“ produziert, das ist vorstellbar; denn die Ausführungsmittel auch eines solchen Agens werden beschränkte und alterierbare sein. Dafs ein zwecktätiges Agens aber Typisches, also an sich Zweckmäfsiges an Stellen neu schafft, wo es überflüssig ist und nur schaden kann, das darf man keinem zwecktätigen Agens zuschreiben. Wenn ein Agens so etwas tut, dann ist es wenigstens kein „zweckmäfsig“ tätiges Agens.

Ich sehe daher in der Superregeneration ein starkes Argument für die ateleologische, rein mechanistische Art nicht nur der Superregeneration selbst, sondern aufserdem auch des eigentlichen Regenerationsgeschehens. Denn dafs das Regenerations- und das Superregenerationsgeschehen in ihrem Wesen identisch sind, daran ist bei dem Vorkommen aller denkbaren Kombinationen beider nicht zu zweifeln. Man wird nicht annehmen können, dafs zwei ganz heterogene Arten produktiven Schaffens: eine rein mechanistische und eine vitalistische in allen quantitativen Verhältnissen miteinander sich kombinieren könnten.

Die Beobachtung Zelenys, dafs Wiederholung des Defektes, und diejenigen von Stockard, Megusar, Child u. a., dafs schwerere Verletzung zu besserer Regeneration führen, sprechen gleichfalls gegen Wirkung einer Entelechie und für mechanistisches Geschehen.

Wir haben also eine prinzipiell überaus wichtige, direkt gegen den zwecktätigen Vitalismus sprechende Einsicht gewonnen. Sie kann nicht hoch genug gewertet werden zu einer Zeit, in der neben den vorsichtigen Prüfern wie Driesch, Pauly, G. Wolff[1]) vitalistische Heifssporne urbi et orbi verkünden, dafs die rein mechanistische Lebenslehre von ihnen definitiv widerlegt und daher veraltet sei.[2])

Von diesen vorzeitig siegesfrohen Autoren gilt Goethes Wort:

---

[1]) Ich fasse hier der Kürze halber alle nicht rein mechanistischen Auffassungen als vitalistische zusammen; daher kann auch G. Wolff hierher gerechnet werden.

[2]) Als letzter von Uexküll in: Bausteine zu einer biologischen Weltanschauung. Gesammelte Aufsätze, München 1913.

Die Weisheit aller Welt verborgen
Sie haben sie ohne Sorgen.

Bereits aber gehen einige junge Naturforscher dem vitalistischen Lichte nach in dem Irrglauben, dadurch auf dem Boden der exakten Forschung vorwärts zu kommen.

Die Heteromorphosen von J. Loeb, C. Herbst u. a. „produzieren" gleichfalls „Typisches" am „unrechten" Ort, und sind daher ebenfalls als ateleologisches Geschehen aufzufassen.

Bezüglich des Genaueren über diese gestaltenden Regulationen sei auf die ausgezeichneten jährlichen Berichte Barfurths[1]) und auf seine zusammenfassenden Darstellungen[2]) verwiesen, in denen auch die Literatur angegeben und die Auffassungen von Morgan, Child, Korschelt u. a. dargestellt sind.

Manche Neovitalisten nehmen, ähnlich wie früher Plato, Aristoteles, Paracelsus wieder ein die „Einheit" und Zweckmäfsigkeit bewirkendes Lebensprinzip, einen ideellen Typus, der aber schöpferisch gestaltendes Vermögen hat, in wenn auch unter sich verschiedener Weise an.

Diese Idee führte auch zu „schöpferischen", also zu tätigen Naturgesetzen. Das ist eine Auffassung, welche der unseren ganz entgegengesetzt ist. Für uns gibt es überhaupt keine „realen Naturgesetze", sondern statt deren nur „Notwendigkeiten des beständigen Wirkens", die sich infolge der Kausalität von selber aus den Eigenschaften der wirkenden Dinge (Faktoren) und aus der Art ihrer Kombination ergeben. „Naturgesetze" sind blofs menschliche Formulierungen für diese erkannten „Beständigkeiten des Wirkens". Diesen Formulierungen selber kommt aber eine „Wirkungsfähigkeit" nicht zu, obgleich so oft von dem „Wirken der Naturgesetze" gesprochen wird.[3])

---

[1]) Barfurth, Regeneration und Involution. Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Wiesbaden. Seit 1892 jährlich bis zur Gegenwart.

[2]) Barfurth, Regeneration und Transplantation in der Medizin. Jena 1910. — Barfurth, Regeneration und Verwandtes. Berlin. Urban und Schwarzenberg. Fortschr. der naturwiss. Forschung, herausgegeb. v. Abderhalden. Bd. VI. 1912. S. 153—242.

[3]) W. Roux, Programm und Forschungsmethoden der Entwicklungsmechanik, Leipzig 1897, S. 156; Arch. f. Entw.-Mech. V, S. 294 und Derselbe, Vortrag I, 1905, S. 22, 135, 146, 268.

Das „Wirken der Naturgesetze“ ist eine ebenso falsche Redensart wie der Satz: „Die Ausnahme bestätigt die Regel“ statt: die Ausnahme bringt uns die Regel oft erst zum Bewufstsein. Die von Menschen für ihresgleichen gemachten Gesetze wirken dagegen in den Menschen, sofern sie ihnen bekannt sind und lenken ihr Tun; auf die Tiere und Pflanzen wirken sie aber nicht.

Obgleich also die „Naturgesetze“ nicht selber wirken, so geschieht doch alles Naturgeschehen an sich durchaus „gesetzmäfsig“, ja eventuell sogar entsprechend den von uns formulierten Gesetzen, sofern diese richtig formuliert sind. Dies „gesetzmäfsige“ Wirken der Faktoren geschieht aber nicht der Gesetze wegen, sondern als Folge der „beständigen“ Eigenschaften der Dinge und der Kausalität. Infolge dieser verläuft das Geschehen so, „als ob“ es durch Gesetze geleitet würde, aber es verläuft ausnahmslos in dieser Weise, also viel strenger als die Menschen ihren Gesetzen gehorchen. Deshalb habe ich, um die Aufgabe der Entwicklungsmechanik möglichst voraussetzungslos zu fassen und sie von wechselnden Auffassungen möglichst unabhängig zu machen, sie seinerzeit allein auf die „Kausalität“, also auf die „Beständigkeit des Wirkens“ basiert, indem ich als Aufgabe derselben die Erforschung der (nach Qualität und Quantität) beständigen ursächlichen Wirkungsweisen der organischen Entwicklung, sowie der Faktorenkombinationen dieser Wirkungsweisen bezeichnete. Eine noch hypothesenfreiere Definition scheint mir nicht möglich;[1]) gleichwohl ist auch diese angefochten und mifsdeutet wurden.

[1]) Unter Entwicklungs-„Mechanik“ ist also nicht allein die „Mechanik“ des Physikers, soweit sie etwa an der Entwicklung der Lebewesen beteiligt ist, zu verstehen, sondern nach Kant das „der Kausalität unterstehende Geschehen“ aller Arten (chemischer-, thermischer-, elektrischer Art usw.), soweit sie an der phylogenetischen und ontogenetischen Entwicklung beteiligt sind (siehe ferner S. 52). Ich hoffe, dafs allmählich die fortwährenden Verwechslungen mit der Mechanik des Physikers, welcher nur ein kleiner Teil des organischen Gestaltungsgeschehens zugehört, wegbleiben.

Unter Entwicklung ist die Produktion, also Vermehrung, von (wahrnehmbarer oder nicht wahrnehmbarer) Mannigfaltigkeit (Neoepigenesis) sowie die Umbildung von Mannigfaltigkeit (Neoevolution) zu verstehen. (Siehe Beitrag I zur Entwicklungsmechanik, München 1885 und in Ges. Abh. II S. 3 ff.; noch ausgeführter ist dies in der Schrift: Über die bei der Vererbung von Variationen anzunehmenden Vorgänge usw. [Leipzig 1913 S. 32 ff.] dargelegt;

Nach dieser strengen Scheidung von ausnahmslosen „Gesetzen des Wirkens“ oder von „beständigen Wirkungsweisen und Wirkungsgröfsen“ einerseits und „Regeln des Vorkommens“ andererseits sind viele sogenannte biologische Gesetze nur erst Regeln des Vorkommens der ursächlichen Faktorenkombinationen des typischen Geschehens. Es ist nun einerseits zu ermitteln, wodurch dies „regelmäfsige Vorkommen“ bedingt ist, und andererseits sind die Vorgänge selber in die gesetzmäfsigen Wirkungsweisen immer einfacherer Faktorenkombinationen zu analysieren.

Die exakte kausale Forschung kann aus den vorstehend (S. 49) bezeichneten Gründen mit der vitalistischen Auffassung nicht, auch nicht einmal als Hilfsannahme, arbeiten, sondern sie hat im Gegenteil zu ermitteln, wie weit sie ohne eine solche oder ähnliche Annahme in der Erklärung der organischen Gestaltungen, in der Erkenntnis des Lebens gelangen kann.

D. Sind Drieschs morphologische „Beweise“ der Autonomie des Lebens wirkliche Beweise?

Driesch[1]) hat mit grofsem Scharfsinn alles bekannte Lebensgeschehen auf dessen rein mechanistische Erklärbarkeit geprüft. Er hat dabei manche

---

kurz findet es sich in der Terminologie der Entwicklungsmechanik unter den Stichwörtern: Entwicklung, Neoepigenesis, Neoevolution, Autophaenesis [im Nachtrag, S. 462]).

Ich habe es immer möglichst vermieden, auf die verschiedenen Auffassungen der Begriffe Substanz, Materie, Kraft, Energie usw. einzugehen, denn ich beabsichtigte allein, der spezifisch biologischen Forschung zu dienen. In dieser Beziehung sagte ich: „Je nach der Definition dieser Begriffe erhält die spezielle Definition des Zieles der Entwicklungsmechanik eine andere Fassung, womit aber praktisch nichts gefördert wird“ (Ges. Abh. II S. 60).

„Es kann überhaupt nicht die Aufgabe des Biologen als solchen sein, die physikalisch-chemischen Begriffe weiter zu analysieren, als es seitens der Physiker und Chemiker geschehen ist.“

Und fügte hinzu: „Wir Biologen könnten überaus zufrieden sein, wenn es uns je gelänge, die Vorgänge der organischen Gestaltung auf die von den Physikern und Chemikern ermittelten Kräfte und Energien zurückzuführen. Davon sind wir indes noch weit entfernt; wir können zumeist erst in beständige Wirkungsweisen sehr komplexer Faktorenkombinationen analysieren und nur hier und da die Wirkungsweise einzelner anorganischer Faktoren in Kombination mit diesen komplexen Faktoren ermitteln. (Arch. Entw.-Mech. V, S. 72 oder Programm und Forschungsmethoden der Entwicklungsmechanik der Organismen. Leipzig 1897, S. 72, 8, 21, 42, 69.)

[1]) Bei der hier gebotenen Kürze prüfe ich allein Drieschs „Beweise“ des Vitalismus, weil dieser Autor am eingehendsten und kritischsten den Vitalismus zu begründen

Vorkommnisse, die von anderen Vitalisten schon als nicht rein mechanistisch möglich beurteilt werden, als gegen die „Maschinentheorie“ nichts „beweisend“ abgewiesen.

Insbesondere stimmt er mit der immer von mir vertretenen Auffassung überein, dafs die Produktion „typischer“ Gestaltung von einem „typisch“ beschaffenen Ausgang (dem Keim) aus, rein mechanistisch geschehen kann. Schliefslich unterscheidet er nur drei Gruppen von Geschehnissen, die er als nicht ohne eine Entelechie möglich auffafst und als direkte Beweise vitalistischer Autonomie des Lebensgeschehens erklärt.

Von diesen drei Beweisen beziehen sich zwei auf die „gestaltenden“ Leistungen und fallen daher in unser Forschungsgebiet. Von dem rein psychischen Geschehen, dem der dritte Beweis entnommen wird, sehen wir hier ab. Die ersteren beruhen auf folgenden Behauptungen:

1. Dafs keine Maschine sich selber vermehren, ausbessern und fehlende Teile ergänzen kann, wie dies doch das Lebewesen bei der Reparation abgenutzter Teile und bei der Regeneration in Verlust geratener usw. Teile tut.

2. Dafs eine Maschine sich nicht selber vermehren kann, und dafs isolierte Teile einer Maschine nicht eine ganze neue Maschine produzieren können, wie es isolierte erste Furchungszellen mancher Eier vermögen.

Diese beiden Unvermögen der gewöhnlichen Maschinen sind durchaus zuzugeben. Es handelt sich um das Regulationsvermögen, welches ich als eine elementare und charakterische Eigenschaft aller Lebewesen aufgestellt habe, ohne aber darin „Beweise“ vitalistisch-autonomen Geschehens zu erblicken, dies weder in den Betriebsregulationen noch in den gestaltenden Regulationen.

Das, was Driesch mit Recht als Unvermögen einer „Maschine“ im gewöhnlichen Sinne erkannt hat, beweist jedoch durch seine Existenz bei Lebewesen keineswegs, dafs dies Geschehen bei ihnen nicht rein mechanistisch bewirkt werde, denn die Lebewesen haben eine ganz andere Genese und Organisation als diese künstlichen Maschinen.

Letztere Maschine ist von einem denkenden Wesen „erfunden“ und alle Teile sind „passiv“ hergestellt und zusammengefügt. Dafs ein auf diese

---

gesucht hat. Von seinen bezüglichen Schriften sei hier verwiesen auf: Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre, Leipzig 1905 und Philosophie des Organischen, Leipzig 1910.

Weise produziertes Gebilde sich nicht selber reparieren und nicht Defekte ersetzen, oder gar ein isolierter Teil derselben nicht die ganze Maschine produzieren kann, das ist selbstverständlich; solches kann nur die „Entelechie dieser Maschine", der menschliche Geist.

Die fertiggebildete Lebensmaschine aber, das einzelne Lebewesen, hat seinen Ursprung in einer (NB. auf dem Wege der Phylogenese gebildeten) sehr einfach erscheinenden, aber „typisch" beschaffenen Substanz, der Keimsubstanz, welche „sich selber" nach und nach zu dem „sichtbar komplizierten" typisch beschaffenen Lebewesen umbildet. Von einer solchen Maschine, die sich selber gebildet hat, ist es natürlich auch leichter vorstellbar, dafs sie sich selber repariert, ergänzt, oder dafs sogar bestimmte, noch wenig entwickelte Teile derselben, wenn sie isoliert werden, die ganze Maschine produzieren.

Ersteres gilt z. B. vom Herzen. Wir Menschen können natürlich keine Pumpe konstruieren, die 70 Jahre ununterbrochen tätig ist wie unser Herz. Unsere Maschinen müssen von Zeit zu Zeit behufs Reparatur für längere Zeit dem Betriebe entzogen werden, weil ein „äufseres" Agens diese Arbeit tun mufs. Das Herz aber, welches sich selber gestaltet hat, kann sich auch selber reparieren und tut dies in der auf jede Herzaktion folgenden „Restaurationspause" (Roux) von etwa ein Dritttel Sekunde. Ähnlich dient die tägliche Periode des Schlafes dem ganzen Lebewesen.

Dies Geschehen könnte trotz dem Gesagten vitalistisch-entelechetisch sein; jedenfalls aber ist solche Art der Erklärung die bequemste. Sie erklärt jedoch eigentlich kein einziges Geschehen und ist aufserdem nicht die einzig mögliche Deutung.

Es ist wieder an die bereits im Jahre 1881 zum Zwecke der mechanistischen Erklärung eben dieser Vorgänge von mir gemachte Annahme zu erinnern, dafs die Keimsubstanz, welche in Potenz das ganze entwickelte Lebewesen darstellt und unter typischen Umständen das ganze Individuum produziert, noch in allen regenerationsfähigen Zellen des entwickelten Lebewesens, des „Soma", vorhanden ist. Es spricht keine Erfahrung dagegen, dafs das nicht möglich sein könnte. Warum sollte das somatische Keimplasma nicht vor jeder Zellteilung gleich dem generativen Keimplasma durch „morphologische" Assimilation vermehrt werden, und warum sollte es nicht bei der Teilung

und nach ihr der Differenzierung entzogen und auf die beiden Tochterzellen unter „qualitativer Halbierung“ gleichmäfsig verteilt werden können? Dafs eine viel geringere Masse als die einer Körperzelle gleichwohl vollkommenes Keimplasma sein kann, sehen wir am Samenkörper. Die Potenz zu weitgehenden Entwicklungsleistungen, selbst zur Bildung eines Ganzen ist nachgewiesenermafsen in manchen isolierten Furchungszellen vorhanden. Darum ist es doch das Nächste, anzunehmen, dafs auch diejenige Substanz, welche normalerweise diese Potenz hat, die Keimsubstanz daselbst vorhanden ist. Nach Aktivierung dieser Substanz kann bei der Entwicklung einer „isolierten“ Furchungszelle zu einem „ganzen“ Lebewesen das Wenige bereits Entwickelte derselben, ihre geringe Spezifikation entweder wie bei der Regeneration determinierend wirken oder umgekehrt rückgängig gemacht, eliminiert zu werden. Geschehen letzterer Art beobachten wir direkt bei mancher Regeneration. Oder es entsteht durch das Isolationsgeschehen, so durch „Rundung“ der Zelle eine neue, die Ganzbildung bewirkende Determination. Durch J. Loeb, Delage, Bataillon, Brachet haben wir kennen gelernt, wie wenig es zur Erregung der Entwicklungstätigkeit sogar des unbefruchteten Keimplasmas bedarf. Das erleichtert uns auch die Vorstellung von der Erregung des somatischen Keimplasmas. Jedenfalls gibt es verschiedene Modi der Bewirkung von Ganzbildungen aus isolierten Furchungszellen, ohne dafs angenommen werden müfste, die ersten Furchungszellen hätten „noch gar keine Spezifikation“. Die Vitalisten, welche dies gleichwohl annehmen, rufen dann die Entelechie zu Hilfe, um die typische Differenzierung in diesem Haufen einander vollkommen gleicher Zellen zu veranlassen.

Für die Reparation und Regeneration von „Entwickeltem“ ist noch eine Fühlung zwischen den entwickelten Teilen und dem in ihnen enthaltenen Keimplasma, dem somatischen Keimplasma nötig. Diese Annahme ermöglicht, wie ich gezeigt habe, auch die Erklärung der Vererbung einiger Arten von somatischen Veränderungen durch „bikeimplasmatische Parallelinduktion“.[1])

Wir kennen die bei dem regulatorischen Geschehen stattfindenden „speziellen“ Vorgänge und deren wirkende Faktorenkombinationen zwar

[1]) Siehe W. Roux, Über die bei der Vererbung von Variationen anzunehmenden Vorgänge. Leipzig 1913, S. 59.

nicht. Da wir aber wenigstens erkannt haben, dafs in der besonderen Art der Störung im Einzelfalle bereits die zureichende bestimmende Ursache der besonderen Art des Reparationsgeschehens gegeben sein kann, so schliefsen diese gestaltlichen Regulationen nicht mehr etwas so Eigenartiges, dem rein Mechanistischen gegenüber so Heterogenes ein, dafs wir zu ihrer Ableitung noch jetzt zu einer so heterogenen Wirkungsweise wie der einer autonomen Entelechie greifen müfsten. Und was spricht dagegen, dafs zwischen den entwickelten Körperteilen und dem in ihren Zellen angenommenen Keimplasma gestaltende regulierende Beziehungen stattfinden?[1]) Oder was spricht mehr dafür, dafs die gestaltenden Regulationen des Entwickelten blofs zwischen einer Entelechie und den entwickelten Teilen möglich seien und wirklich stattfänden. Ich sehe keinen Grund, die letztere Annahme zu bevorzugen.

Wenn wir erst das normale Entwicklungsgeschehen in seinen Faktorenkombinationen und besonders in deren Wirkungsweisen annähernd kennen, werden wir natürlich auch seine Regulationen uns leichter vorstellen können als jetzt, da wir der auf erstere gerichteten Forschung kaum drei Dezennien obliegen.

Dazu kommt nun noch der Hauptbeweis Drieschs für die Autonomie und Entelechie, die Selbstvermehrung der Lebewesen, ein Geschehen, das einer gewöhnlichen Maschine in der Tat ganz unmöglich ist. Wir lösen es wieder mechanistisch mit Hilfe des Keimplasmas.

Der Grundvorgang dieses Geschehens ist die Vermehrung des Keimplasmas durch die von mir sogenannte „morphologische Assimilation". Wesentlich dasselbe Geschehen mufs auch bei der sonstigen Vermehrung der lebenden Substanz dem organischen Massenwachstum stattfinden.

In bezug auf diese Assimilation hatte ich bereits 1892 ausgesprochen,[2]) dafs dieses Geschehen das schwierigste morphologische Problem der Lebensgestaltungen darstellt, und hatte hinzugefügt, dafs dieses Geschehen „im

---

[1]) Es ist eine viel schwierigere, aber viel verdienstlichere und lohnendere Aufgabe der nächsten Generationen, nach der speziellen mechanistischen Lösung dieser Probleme zu suchen, als sich mit vitalistischen Ableitungen zu begnügen.

[2]) Roux, Ziele und Wege der Entwicklungsmechanik, in Ergebnisse der Anat. und Entw.-Gesch. Bd. II S. 432, 1892. Wiesbaden; oder Ges. Abh. II S. 79 u. 1021.

analytischen Sinne", in dem Sinne, dafs jeder Teil ihm selber Gleichendes produziere, „unmöglich ist".

Es wurde aber auch gleich die prinzipielle Lösung hinzugefügt, „dafs jeder Einzelteil an der Bildung ihm selber nicht gleichender Substanz beteiligt ist, und dafs erst ein gewisser Komplex von Einzelteilen, welche auf diese Weise neugebildet sind, dem bestimmt beschaffenen Komplexe aller an dieser Bildung beteiligten Einzelteile wieder gleicht". Einen kleinsten zu solcher Leistung fähigen Teil einer Zelle, ev. die ganze Zelle, nannte ich in dieser Hinsicht später einen „Assimilationskomplex".

Mit dieser Fassung ist das Problem der organischen Assimilation wenigstens „prinzipiell" auf kausalen Boden gestellt und so dem Vitalismus entzogen; und es bleibt für uns die grofse Aufgabe, theoretisch-analytisch und synthetisch diesem schwierigen Problem zu Leibe zu gehen, während bei der entelechetischen Ableitung nichts zu tun wäre als zu „glauben". Daher ist unsere Behandlung des Problems vorzuziehen, wenn es auch sehr lange dauern wird, bis dies Problem im Speziellen gelöst sein wird. Übrigens ist das Problem für „chemische Assimilation" bereits gelöst, in der Flamme.

Eine Selbstvermehrung des „entwickelten Lebewesens", also einer fertigen funktionsfähigen Maschine als solcher, findet bei der geschlechtlichen Vermehrung aber gar nicht statt! Sondern das „generative Keimplasma" vermehrt sich, und „aus ihm" entwickelt sich dann erst das neue Lebewesen. Bei der ungeschlechtlichen Vermehrung durch Teilung und Knospung „entwickelter" Lebewesen ist dies zwar sichtbar anders. Aber wer könnte bei dem jetzigen Stande der Biologie behaupten, dafs diese Entwicklung deshalb ohne determinierende Mitwirkung von Keimplasma, hier des somatischen Keimplasma, stattfände? Jedenfalls liegt es viel näher, auch hierfür das Keimplasma, die Substanz, welche auch sonst die Vermehrung und Vererbung besorgt,[1]) heranzuziehen als eine Entelechie. Die wirkliche Selbstvermehrung einer für eine besondere Leistung eingerichteten Maschine als solcher braucht also gar nicht vorzuliegen, denn eine in ihr enthaltene, nicht die Maschinen-

[1]) Siehe Roux, Über die bei der Vererbung von Variationen anzunehmenden Vorgänge. S. 63. Leipzig 1913.

funktion vollziehende spezifische Vermehrungssubstanz kann diese Vermehrung veranlassen und leiten.

Die „Fortpflanzung“ kann also „allenthalben“ entsprechend Weismanns Kontinuität des Keimplasmas durch eine eigens zu dieser Leistung gezüchtete, ihr angepafste Substanz, das Keimplasma, geschehen. Das eigentliche Problem der Vermehrung der Lebewesen beruht also wesentlich nur auf der „morphologischen Assimilation“ des Keimplasma. Dafs diese Substanz aber dasjenige leistet, wozu und wodurch sie gezüchtet worden ist, das ist doch nichts Metaphysisches, dazu bedarf sie keiner Entelechie.

Stellen wir zum Schlusse das Ergebnis noch in der Sprache Drieschs dar: Driesch nennt von den Systemen, welche die oben (S. 64) bezeichneten Fähigkeiten haben, die ersteren harmonisch aequipotentielle und harmonisch inaequipotentielle Systeme, die letzteren komplexaequipotentielle Systeme. Er erblickt in deren Existenz bei den Lebewesen die „sicheren Beweise“ vitalistischen autonomen, speziell entelechetischen Geschehens.

Da diese Beweise aber nur von apagogischer Art sind, so sind sie nicht mehr beweiskräftig, nachdem die Möglichkeit anderer mechanistischer Ableitung der bezüglichen Tatsachen gegeben worden ist. Das war allerdings schon lange vor der Aufstellung dieser Beweise geschehen. Die Naturforschung hat also keine Veranlassung, die vitalistische Erklärungsweise vor der mechanistischen zu bevorzugen.

Statt einer das „Ganze“ vertretenden Entelechie haben wir das Keimplasma. Dieses ist für unsere mechanistische Erkenntnis der Repräsentant des Typus, ein physischer Repräsentant im Gegensatz zu dem schöpferischen metaphysischen Typus einer Entelechie, eines Archeus und dergleichen. Das omnipotente somatische Keimplasma leistet je nach der determinierenden Beteiligung des alterierten Soma Verschiedenes; und die aus Differenziertem und aus Keimplama bestehende Somazelle kann in ihren typischen Leistungen inäquipotentiell, in ihren atypischen, regulatorischen Leistungen äquipotentiell mit den Nachbarn sein. Das ist von Driesch nicht genügend gesondert und gewürdigt worden.[1]) Nach dieser Auffassung liegt also gar

[1]) Siehe Roux, Terminologie der Entw.-Mech. S. 7 u. 321. Derselbe, Vortrag I 1905 S. 121.

nicht ein Problem von derjenigen Weise vor, welche Driesch zur vitalistischen Auffassung veranlafst. Eine so eingerichtete Selbstgestaltungsmaschine, wie wir sie im Lebewesen erblicken, kann auch ohne Entelechie sich entwickeln, ergänzen, vermehren und regulieren.

Die Vitalisten denken sich die physische Organisation der Lebewesen derartig, dafs zu den typischen und regulatorischen Gestaltungsleistungen derselben noch ein metaphysisches Agens, eine Gestaltungsseele behufs Determination des Geschehens nötig ist.

Wir dagegen haben mit der Annahme einerseits von „Keimplasma“ in den „Zellen“ des entwickelten Körpers und andererseits bestimmter gestaltender Beziehungen zwischen beiden Bestandteilen dem Lebewesen eine physische Organisation zuerkannt, welche dasselbe befähigt, die Gestaltungsleistungen der Lebewesen ohne Hilfe eines metaphysischen Agens zu bewirken.

Beide Gruppen arbeiten mit unsichtbarem Wirken unsichtbar kleiner Teile oder Agentien; dies ist bei allen bis zu den Wirkungsweisen vordringenden Analysen nötig, da alles primäre Wirken unsichtbar ist.[1]) Wir aber arbeiten nur mit physischen, die Vitalisten auch mit metaphysischen Agentien. Unsere Annahmen sind daher prinzipiell dem Experimente zugänglich, die entelechetischen und sonstigen vitalistischen Annahmen dagegen nicht. Das gestaltende Wirken unserer Lebewesen untersteht „durchaus“ der Kausalität, das der Lebewesen der Vitalisten nicht. Deshalb sind unsere Annahmen einfacher, wahrscheinlicher und für die Forschung günstiger und daher den vitalistischen vorzuziehen.

Es handelt sich hier allein um die Erklärung der organischen Gestaltungen. Für die bekannte „seelische“ Tätigkeit bei dem „Betrieb“ des Lebens, welche in ihrer höchsten Potenz im Menschen das Wahre, Gute und Schöne erstrebt, ist die Zwecktätigkeit aufser allem Zweifel. Da diese seelische Tätigkeit aber nur indirekt, nur durch Aktivierung des Mechanismus der funktionellen Anpassung „gestaltend“ wirken kann, so

---

[1]) Siehe hierzu Roux, Über kausale und konditionale Weltanschauung und deren Stellung zur Entwicklungsmechanik. Leipzig 1913. S. 39 f.

haben wir „Morphologen“ es mit ihr an sich nicht zu tun.[1]) Es gibt aber auch schon rein mechanistische Erklärungsversuche dieses seelischen Geschehens.

Nach meiner Meinung würde aber jede von beiden Parteien inkorrekt handeln, welche im gegenwärtigen Stadium des Wissens, richtiger des Nichtwissens, geradezu „behaupten“ wollte, dafs ihre Auffassung die „richtige“ wäre. Denn es handelt sich hier eben um noch Unbekanntes, Dunkles, das wir erst aufzuhellen streben. Jede Partei mufs daher versuchen, dies dunkle Geschehen auf ihre Weise durch „möglichst exakte“ Forschungen zu erklären, also möglichst viel und möglichst gutes Beweismaterial für ihre Auffassung zu gewinnen. Die Erkenntnis, dafs die Superregeneration ein ateleologisches Geschehen ist, überhebt uns Mechanisten nicht der Pflicht, zu erforschen, durch welche Wirkungsweisen sie und die mechanistischen Regulationen der Entwicklung und der entwickelten Gestaltungen bewirkt werden. So lange das nicht geschehen ist, dürfen auch wir keine anderes Wirken direkt abweisende „Behauptung“ aufstellen.

Unsere Auffassung steht zwischen der Auffassung jener Monisten, welche bereits „fest behaupten“, dafs auch alles unbekannte Lebensgeschehen allein mechanistisch bedingt sei und der jener Vitalisten, Entelechetiker usw., welche ein direkt zwecktätig gestaltendes Agens für dasselbe Geschehen als erwiesen annehmen; meine Auffassung hat daher die Sympathie keiner von beiden Parteien und wurde bisher dementsprechend von beiden übergangen.

Manche Vitalisten sagen aber noch, dafs die mechanistische Erklärungsweise „versagt“ habe, denn wir gäben ja selber zu, dafs wir sehr vieles nicht mechanistisch erklären könnten. Sie freilich können „alles“ unter ihr Prinzip subsumieren, da sie überhaupt nichts wirklich erklären. Ihr Urteil, dafs wir versagt hätten, stützen sie dabei aber noch durch eine falsche Buchführung. Alles, was wir an teleologisch Erscheinendem mechanistisch

[1]) Von den sogen. „Stigmatisierungen“ sehen wir ab. Wenn sie kein Betrug sind, sondern wirklich direkt durch Willenseinflufs entstehen, so sind diese gestaltlichen Leistungen seelischer Tätigkeit doch keine zweckmäfsigen und aufserdem so gering, dafs ihre Wirkungsweise für die Verursachungen der gestaltenden Regulationen der Lebewesen nicht in Betracht kommt. Im übrigen siehe noch S. 52.

erklärt haben, löschen sie ganz auf der Seite der Teleologischen und sagen: „Das gehört gar nicht hierher“. Es mufs aber alles je für teleologisch Gehaltene auf der Seite der Teleologie gebucht bleiben. Sobald wir etwas davon mechanistisch abgeleitet haben, wie z. B. die unendlich vielen verschiedenen „sachlich zweckmäfsigen“ Einzelgestaltungen der funktionellen Anpassung der Knochen, Muskeln, Blutgefäfse usw. mufs dies auf der teleologischen Seite zwar gestrichen, aber nicht verlöscht werden, es mufs dort dauernd als früher da verzeichnet zu sehen sein. Statt dessen löscht es der Vitalist dort ganz und sagt: „Das ist ja blofs Mechanomorphose, kommt also hier gar nicht in Betracht.“ Bei dieser Art der Buchführung steht daher auf der Seite des Teleologischen immer nur das Defizit an mechanistischer Erklärung des Naturgeschehens, und was mit ihr geleistet worden ist, ist verschwunden. Die Vitalisten unterlassen daher, pflichtgemäfs zu folgern: Es ist schon sehr viel vordem nur für vitalistisch möglich gehaltenes Geschehen mechanistisch erklärt worden, also wird solche Erklärungsweise wohl auch noch weiterhin möglich sein; es ist ihr daher zunächst ein weiterer Kredit zu eröffnen.

Manche Vitalisten hegen ferner den Wahn, sie hätten in ihrer vitalistischen Universalhypothese bereits die „wirkliche Lösung“ in der Hand; während wir uns bewufst sind und zugeben, „im Speziellen“ noch sehr weit von ihr entfernt zu sein. Diese schöne Vorstellung macht erstere zugleich blind für den Erkenntniswert der schrittweisen Ergebnisse der mühsamen exakten Forschung, sie verlieren ganz den Mafsstab dieser Forschung. Indem sie den nicht streng kritisch denkenden Lesern ihre apodiktischen und unbewiesenen Urteile suggerieren, setzen sie auch bei diesen die Achtung vor der exakten Forschung herab, lenken von ihr ab und propagieren ihre Selbsttäuschung. Darin liegt die Hauptgefahr des Vitalismus für die Naturfoschung.

Sofern es den Vitalisten gelingt, die Tätigkeit ihrer Entelechie oder Gestaltungsseele in „beständige“, also durchaus der Kausalität unterstehende, in sich homogene, besondere Wirkungsweisen zu analysieren, werden wir ihre Arbeit nicht ignorieren oder zurückweisen, sondern versuchen, sie mechanistisch zu verwerten, indem wir diese beständigen Wirkungsweisen rein mechanistisch, also ohne ein vitalistisches Prinzip abzuleiten streben.

Wir Menschen brauchen für unsere seelische Tätigkeit ein „Ideal“, um etwas Grofses schaffen zu können. Für das „Gestaltungsgeschehen“ in unserem Körper ist das bis jetzt nicht erwiesen; und für die exakte kausale Erforschung dieser Gestaltung ist eine solche Annahme ein direktes Hemmnis.

E. Zur mechanistischen Ableitung der funktionellen Anpassung.

Ich erlaube mir zum Schlusse nochmals darauf zurückzukommen, dafs wir Mechanisten bereits eine grofse Gruppe von seiner Zeit „für nur vitalistisch möglich gehaltenen“ regulatorischen Gestaltungen, nämlich diejenigen der funktionellen Anpassung im Prinzipiellen rein mechanistisch erklärt haben. Im Anschlufs daran sollen dagegen erhobene Einwendungen besprochen werden. Die funktionelle Anpassung betrifft millionenfach verschiedene Strukturen und Gestalten der Organe, die in neuen Verhältnissen eines Lebewens in direkt dauerfördernder, also anscheinend teleomorpher Weise entstehen und der neuen Funktion angepafst sind. Die Lösung bestand darin, dafs ich nachwies, dafs alle diese wunderbar zweckmäfsigen Gestaltungen ohne jede teleomorphe Hilfe von selber entstehen können, ja entstehen müssen, sofern nur jedes beteiligte Gewebe die Eigenschaft hat, durch den ihm spezifischen funktionellen Reiz auch zu der ihm eigenen morphologischen Assimilation angeregt zu werden, ohne diesen Reiz aber sich nicht mehr dauernd erhalten zu können.[1]) Und ich zeigte, dafs diese beiderlei Gewebeeigenschaften während der rein funktionellen Gestaltungsperioden des individuellen Lebens bei den höheren Lebewesen wirklich vorhanden sind.

[1]) Diese im Jahre 1881 veröffentlichte Theorie schliefst zugleich das Prinzip einer mechanischen, ganz der geleisteten Arbeitsgröfse entsprechenden Selbstlöhnung aller an den Betriebsfunktionen des Lebewesens beteiligten Gebilde: Organe, Gewebe, Zellen sowie fungierenden und assimilierenden Zellteile ein.

Doch kann auch dieses real höchst „zweckmäfsige“, in Wirklichkeit aber nur „dauerfähige“ (leider aber nicht auf die menschliche Gesellschaft übertragbare) Wirkungsprinzip bei falscher Anwendung auch zu nachteiligen Folgen führen:

Normalerweise werden die Betriebsfunktionen, sei es direkt oder indirekt, nur von der Zentralleitung des ganzen Lebewesens, z. B. vom Gehirn, geleitet; dann entspricht diese funktionell bewirkte Selbstlöhnung der fungierenden Teile auch durchaus der Gröfse des „dem Ganzen“ geleisteten Dienstes und ebenso auch die damit verbundene Aktivitätshypertrophie; so entsteht die „quantitative Harmonie (Roux) der Organe“. Wenn aber die Tätigkeit eines Organes, wie z. B. die Tätigkeit des Herzens, aufserdem auch noch z. B. bei

Ich erklärte auch die im speziellen millionenfach verschiedenen Gestaltungen der Lichtungen der Arterien an den Verzweigungen, welche aber das Gemeinsame Wunderbare haben, dafs die Lichtung an jeder Stelle (soweit nicht besondere „äufsere“ Hindernisse direkt hemmend wirken) die Charaktere der Gestalt des „frei“ aus der Ursprungsöffnung des Astes ausspringenden Blutstrahles hat, dafs also die Blutgefäfswandung dieser im „eingeschlossenen“ Blutstrahl nur „mechanisch intendierten“ Gestaltung angepafst wird,[1]) Dadurch wird die Reibung an den Millionen Verästelungsstellen auf das Minimum herabgesetzt und also sehr an Herzkraft gespart.

Wenn eine Entelechie diese Gestaltungen bewirkte, so müfste sie an jeder Blutgefäfsverästelung während des ganzen Wachstums des Lebewesens fortdauernd tätig sein und immer diese Anpassung veranlassen.

Ich bestrebte mich dagegen, eine rein mechanistische Lösung dieser wunderbaren Leistung gestaltender Selbstregulation zu finden[2]) und glaube eine zureichende Erklärung darin gefunden zu haben, dafs die Innenhaut der Blutgefäfse die Eigenschaft hat, so zu wachsen, dafs sie möglichst wenig von dem Flüssigkeitsstofs getroffen wird; sie mufs also an den Stellen des Flüssigkeitsstofses in die Fläche wachsen und sich so nach aufsen von der Lichtung wegbiegen. Bei der Existenz dieser Wachstumsfähigkeit der Intima müssen alle diese Gestaltungen fortwährend von selber entstehen, ohne Hilfe einer Entelechie oder eines sonstigen zwecktätigen Agens.

Damit glaube ich das angenommene zwecktätige gestaltende Agens der organischen Welt, nenne man es Entelechie, gestaltende Seele,

---

Nierenschrumpfung, durch abnorme Reize veranlafst wird, dann führt die Selbstlöhnung nicht mehr zu dieser Harmonie.

Andererseits kommen auch Fälle vor, in denen die normale „funktionelle“ Selbstlöhnung fehlt, so bei Tumoren, also bei Gewebsteilen, welche die embryonale afunktionelle Wachstumsfähigkeit noch in die dritte und vierte kausale Periode des Lebeweseus hinein behalten haben. Siehe Roux, Beitr. I zur Entw.-Mech., Zeitschr. f. Biologie Bd. XXI. München 1885; oder Ges. Abh. II, S. 215. Derselbe, Die vier kausalen Perioden der Ontogenese. 13 S. 1911. Verlag d. Naturforschd. Ges. zu Halle a. S.

[1]) W. Roux, Über die Verzweigung der Blutgefäfse. Diss. inaug. Jena, 1878. Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. 12. 1878.

[2]) W. Roux, Über die Bedeutung der Ablenkung des Arterienstammes bei der Astabgabe. Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. 13. 1879; auch in Ges. Abh. I S. 95—101.

Gottheit, nochmals von unendlich viel ihm früher zugedachter Spezialarbeit befreit zu haben, wenn auch nicht wieder von so viel wie bereits durch die Theorie der funktionellen Anpassung, deren Wirkungsweise das zwecktätige Agens aller der ständigen funktionell gestaltenden Regulationen in jedem Lebewesen überhebt.

Es kommt vielleicht einmal eine Zeit, in der von den Naturforschern und selbst auch von den Theologen anerkannt wird, dafs diese zwei Prinzipien eine überaus grofse Ersparnis an edlem, „zwecktätigem" Geschehen in den Lebewesen und damit eine grofse Mechanisierung, also Vereinfachung des Lebensgeschehens bedeuten.[1])

Jetzt dagegen sagen dazu einige Teleologen oder Psychomorphologen nur: „die Produktion der funktionellen Gestaltungen und die Bildung der Verästlungsstellen der Blutgefäfse sind eben keine Teleomorphosen, keine Leistungen eines zwecktätigen Agens, sondern sie ‚sind eben nur Mechanomorphosen', wie dies ja Roux selber dargetan hat. Die morphologische Assimilation, die Selbstverdopplung der Lebensmaschine und die Regeneration, Postgeneration, sowie der Ausgleich sonstiger gestaltlicher Störungen ‚sind' dagegen wirkliche Zweckgestaltungen, Teleomorphosen." Auf die falsche Buchführung, die bei solchem Urteilen stattfindet, wurde bereits oben (S. 71) hingewiesen.

Manche Vitalisten haben sich aber noch ein teleomorphes Schutzmittel gegen den rein mechanistischen Charakter dieser Erklärung der funktionellen Anpassungen ausgedacht, indem sie argumentieren: Diese Ableitung ist gar keine rein mechanistische, sie ist im Grunde doch eine teleomorphe, denn die angenommene Gewebsqualität enthält ja schon die „Möglichkeit" dieser „zweckmäfsigen" Leistungen, sie ist also selber „ein teleomorphes Prinzip", ein Prinzip von teleoergasischer Leistungsfähigkeit und daher (!) auch von zwecktätiger Abkunft. Also sind auch die mit Hilfe dieser Gewebsqualität entstandenen Leistungen und deren Erklärungen im Grunde doch teleomorpher Natur.

---

[1]) Ich verhehle mir nicht, dafs im Speziellen sehr viel über diese „prinzipiell" kausal erklärten Gestaltungsvorgänge erst noch zu erforschen ist; es ist daher sehr zu wünschen, dafs jüngere biologische Forscher sich dieser exakten Forschung widmen, statt ihre wertvolle Kraft teilweise auf vitalistische Spekulationen zu verwenden.

Zunächst ist dagegen zu sagen, dafs dieser Einwand die von mir gegebene Erklärung der einzelnen funktionellen Gestaltungen gar nicht trifft. Denn die Millionen verschiedener einzelner „Zweckmäfsigkeiten", richtiger „Dauerfähigkeiten", werden, wie ich zeigte, jede einzelne in ihrer „sachlich zweckmäfsigen Besonderheit" durch die vorhandenen besonderen funktionellen Bedingungen hervorgebracht. Das ist gerade das Wesentliche dieser Erklärung. Die angenommene Gewebsqualität kann „für sich allein" gar nichts Zweckmäfsiges oder Dauerförderndes „gestalten". Das aus diesem Gewebe hergestellte Neue, real Zweckmäfsige determinieren erst die im Einzelfalle vorhandenen Bedingungen, diese aber ohne Mithilfe eines besonderen zwecktätigen Agens.

Der Einwand aber, dafs die angenommene Gewebsqualität „der trophischen Wirkung der funktionellen Reize" selber teleomorphen Ursprungs sei, ist durch nichts erwiesen. Der wirkliche Ursprung dieser Gewebsqualitäten ist unbekannt, und man kann deshalb darüber wieder der verschiedensten Meinung sein. Ich habe aber vor drei Dezennien dargetan, dafs sie sowohl im Kampfe der lebenstätigen Teile wie der Individuen sehr kräftig gezüchtet werden mufsten, sobald sie als Variationen neu aufgetreten waren.

Wer mit Carl Snell (1871) annimmt, dafs in dem ersten niedersten Lebewesen bereits der ganze Formenreichtum aller seiner Nachkommen „vollkommen determiniert" enthalten sei, mag dies tun und glauben. Solcher Autor nimmt mit Snell einen Schöpfer an, der dies alles bereits in dieses erste Lebewesen oder in die wenigen ersten Lebewesen derart hineingelegt hat, dafs einfach bei dem Leben und bei der Vermehrung der Lebewesen diese hineingelegten Potenzen nacheinander alle die Gestaltungen der Tier- und Pflanzenstämme produzieren mufsten, ähnlich wie aus einem Hühnerei nach und nach von selber unter bestimmten Formwandlungen ein Huhn sich bildet.[1]) Diese Annahme ist aber durch nichts bewiesen.

---

[1]) Diese aus inneren Ursachen entstandenen Variationen konnten ebenso oder wohl noch leichter vererbt werden wie die durch äufsere Faktoren hervorgebrachten Variationen; und das sogen. biogenetische Grundgesetz wird dabei wohl mehr gelten als bei letzteren.

Die Vererbung „für sich allein" würde bewirken, dafs die individuelle Entwicklung genau die Formen der Vorfahren wiederholt, wie dies Haeckel-Müllers biogenetisches

Wir dagegen versuchen es mit der entgegengesetzten Annahme, mit der der Entstehung der niedersten Lebewesen durch zufällige Prozefsbildungen durch Änderungen derselben infolge äufserer Einwirkungen auf sie

---

Grundgesetz angibt. Die Vererbung wirkt aber blofs auf das Wiederholte, natürlich noch nicht auf das zum ersten Male im Keimplasma Auftretende, nicht auf die neue realisierte Variation.

Die neuen Variationen des Individuums können am Ende seiner Entwicklung wie auch in früheren Stadien derselben reell sichtbar auftreten, mögen sie zuerst virtuell schon im Keimplasma oder erst später determiniert worden sein. Diese Phase des Realisiertwerdens wird dann auch auf die Nachkommen vererbt. Tritt aber diese „reelle Variation" schon mehr oder weniger lange vor dem „Ende" der Ontogenese auf, so ändert sie natürlich den noch folgenden, von früher her vererbten Teil der individuellen Entwicklung etwas, sei es viel oder wenig, ab. Dadurch wird aber die Wiederholung der erst später realisierten Formen der Stammesentwicklung gestört; und solche Abänderung der letzteren mufste bei jeder neuen vor dem Ende der Ontogenese reell werdenden Variation geschehen; um so mehr je früher die Variation realisiert wurde. Wenn solche Wirkungen sich von vielen Variationen summierten, mufste das Abbild der Stammesentwicklung in der Ontogenese, vielleicht bis auf wenige Hauptzüge, zerstört werden. Genauer verfolgt brauchte also, da solche neuen Variationen von den niedersten Stufen an, in dieser Weise wirken konnten, die Ontogenese überhaupt kein annäherndes Abbild der Phylogenese zu produzieren; dies trotz der ungeschmälerten Macht der Vererbung, ja durch dieselbe, weil die Abänderung, obschon das Neue bei seinem ersten Auftreten noch nicht der Vererbung unterliegt, dann vererbt wird.

Da trotzdem, wie Haeckel und seine Schüler erwiesen haben, die Formen der Stammesentwicklung und ihre Reihenfolge überwiegend häufig, also „regelmäfsig" bei der individuellen Entwicklung wiederholt werden, so bekundet dies, dafs noch ein Moment die Ontogenese bestimmend mitwirken mufs, welches in Haeckels kausaler Begründung des biogenetischen Grundgesetzes auf die Vererbung nicht enthalten ist, ein Moment, welches bewirkt, dafs überwiegend häufig nur solche Variationen vererbt werden, die erst am oder gegen das „Ende" der Ontogenese „entwickelt", also realisiert wurden. Einerlei ist es dabei, ob die Determination dieser Variationen nach Snell und Anderen rein durch innere Ursachen oder, wie wir annehmen, wesentlich durch äufsere Faktoren bewirkt werden.

Dieses Moment habe ich 1886 darin erkannt,*) dafs alle, vor dem „Ende" der Ontogenese realisierten Variationen des Individuums, die nachfolgende typische Ontogenese und damit das „Bewährte" tiefergreifend verändern mufsten und daher zumeist nicht dauerfähig waren. Dagegen brachten die erst am oder gegen das Ende der Ontogenese realisierten Variationen unter Erhaltung des Meisten des Bewährten auch nur wenig Neues auf einmal und konnten daher leichter dauerfähig bezw. dauerfördernd sein.

Dafs die Ontogenese tatsächlich die Formen der Phylogenese wiederholt, hat also die Vererbung zur Voraussetzung; die Vererbung allein kann aber infolge der vielfachen neuen Abänderungen diese Wiederholung nicht bewirken, denn sie vererbt auch diese Abänderungen

---

*) W. Roux, Kritisches Referat über: Beiträge zur Deszendenzlehre und zur Methodologie der Naturwissenschaft von Hugo Spitzer. Göttinger gelehrte Anzeigen, 1886, Nr. 20, S. 801; oder Ges. Abh. I S. 443.

und durch sukzessive Züchtung und Häufung der so entstandenen dauerfähigen Elementarleistungen,[1]) ferner mit der weiteren Differenzierung der Lebewesen durch weitere äufsere Einwirkungen unter ständiger Züchtung des Dauerfähigen derselben.

---

und hilft so das früher Vererbte verlöschen. Die Wiederholung der früheren Formen beruht auf der Notwendigkeit des Sichbewährens. Die Rekapitulation ist also nicht die Folge „gesetzmäfsigen" Wirkens der Vererbung, sondern vielmehr der Ausdruck dessen, was „in der Regel" zum Bewähren und Aufspeichern von Variationen nötig ist. Deshalb haben wir in dieser Wiederholung statt des Wirkens eines biogenetischen „Gesetzes" blofs eine biogenetische Rekapitulationsregel zu sehen. Hier handelt es sich also nicht blofs um eine „Umbenennung" wie bei vielen anderen biologischen „Gesetzen" in Regeln des Vorkommens (s. S. 63), sondern um eine wirkliche Umänderung in eine Regel.

Sofern etwa die früheren embryonalen Entwicklungsstadien weniger variabel sind als die späteren, vielleicht zum Teil weil sie mehr durch Selbstregulationen gesichert sind, so liegt dies gleichfalls aufserhalb der Begründung des bisherigen biogenetischen Gesetzes. (Siehe Roux, Ges. Abh. I S. 445, II S. 62—72 und Terminologie der Entwicklungsmechanik, 1912, S. 65.)

Natürlich müssen wir auch streben, die im Keimplasma enthaltenen Faktorenkombinationen und ihre Wirkungsweisen zu ermitteln, durch welche die Wiederholung bei der individuellen Entwicklung determiniert und realisiert wird. (Siehe Roux, Arch. f. Entw.-Mech. Bd. V S. 22; oder Programme und Forschungsmethoden usw., 1897, S. 22.)

[1]) Gust. Wolff sagt (loco cit. 1894, S. 615), die Darwinisten setzten das Leben voraus und brächten nachträglich in die Organismenwelt die Zweckmäfsigkeit hinein. Sie verlangten von den Anderen, diese sollten sich einen Organismus denken, welchen das Einzige fehle, was wir als Wesen des Organischen erkennen können.

Die Leser werden aus den vorstehenden Reproduktionen ersehen haben, dafs wir von vornherein, bereits bei dem noch nicht den Rang eines Lebewesens erreichenden Assimilationsprozefs die Notwendigkeit der Selbstregulation also der Anpassung dargetan und zugleich erwähnt haben, dafs mit dem sukzessiven Auftreten neuer Leistungen auch die Selbstregulation derselben gezüchtet werden mufste. Mit diesen Darlegungen wurde eine entsprechende Hypothese der ersten Entstehung des Lebens durch sukzessive Züchtung und Häufung der elementaren Lebensleistungen und der Selbstregulation aufgestellt, und wesentlich derselbe Weg wurde von mir später auch für die künstliche Herstellung einfachster Lebewesen als der einzig zum Ziele führende empfohlen. (Siehe Roux, Die angebliche künstliche Erzeugung von Lebewesen. Die Umschau, Wochenschrift, 1906, Nr. 8, Frankfurt a. M.)

Der Patholog Ernst Schwalbe äufserte jüngst in seiner Schrift: Die Entstehung des Lebendigen, [Jena, 1914, 27 Stn] (in welcher nebenbei gesagt, bei dem Zitat meiner Definition des Lebens, die Selbstregulation nicht mit erwähnt ist) auf Seite 22: „Ich sehe nicht ein, wie es möglich sein soll, dafs gewissermafsen sich erst allmählich die verschiedenen Eigenschaften, die das Leben kennzeichnen, im Eiweifs entwickelt haben sollen, ein Gedanke, den Roux andeutet. Dies Urteil beruht bezüglich des Eiweifses auf einer nicht ganz richtigen Auffassung meiner Hypothese. Ich glaube nämlich nicht, dafs die von mir unterschiedene

Wir können aber ebensowenig beweisen, dafs die wundertätige Gewebsqualität der trophischen Wirkung der funktionellen Reize wirklich auf diese Weise entstanden ist, denn es handelt sich um längst vergangenes Geschehen. Aber es wird doch experimentell gezeigt werden können, dafs solches Geschehen auf rein mechanistische Weise möglich ist. Das zeigt uns schon annähernd die Flamme.

Es ist daher in solcher Entstehungsweise dieser Gewebsqualität der funktionellen Anpassung schon jetzt nichts besonders Schwieriges, keineswegs etwas, das nur eine zwecktätige Intelligenz produzieren könnte, zu sehen. Denn bei der Bildung der Flamme durch „Selbstentzündung" entsteht, wie ich bereits wiederholt hervorgehoben habe (s. Vortrag I 1905), „auf einmal" ein „selbsterhaltungsfähiger" Komplex von drei den Lebewesen eigenen Grundvorgängen: von Selbstdissimilation, Selbstassimilation und Ausscheidung des Verbrauchten.

Und aufserdem entstehen zugleich noch zwei Regulationen: eine reine Selbstregulation, die Steigerung der Assimilation bei Steigerung des Verbrauchs und zwar mit Überkompensation in der Assimilation, denn die stärker brennende Flamme assimiliert auch stärker und bildet mehr neue Flammenstoffe als blofs zum Ersatze der Verbrauchten nötig ist. Sie „wächst" bekanntlich sehr rasch, sofern es nicht an Nahrungsmaterial fehlt. Zweitens eine Regulation unter Mitwirkung eines stets vorhandenen „äufseren" Agens, der Schwerkraft: die Steigerung der „Ausscheidung" der Umsetzungsprodukte bei gesteigerter Produktion derselben. Beide Regulationen werden durch die mit der Steigerung der Verbrennung gesteigerte Wärmebildung veranlafst.

Also die fundamentale Selbstregulation unserer wundertätigen Gewebsqualität: die Steigerung der Assimilation, und

Vorstufe der blofsen Assimilationssubstanz, die ich Isoplasson: Gleichesbildner nannte, schon die Beschaffenheit von Eiweifs haben müsse. Diese Beschaffenheit hat das anorganische Isoplasson, die Flamme auch nicht. Die nächst höhere Substanz, diejenige mit Reflexbewegung, das Antokineon hat vielleicht auch noch nicht diese Qualität. Siehe Roux, Vortrag I. Die Entwicklungsmechanik usw., 1905. S. 108 Urzeugung, S. 149 Probiologie; und Derselbe, Terminologie der Entwicklungsmechanik, 1912, dieselben Stichwörter.

zwar bis zur Überkompensation bei der Steigerung der Leistung, ist hier bei der Flamme schon im Prinzipe vorhanden, und die Entstehung ist auf eine mechanische Weise ohne eine Entelechie erfolgt.[1])

Aufser diesen anorganischen Selbstregulationen der Flamme gibt es noch eine andere, sogar typische Gestaltung produzierende und zu vollkommen

---

[1]) Hierüber äufserte ich mich bereits im Jahre 1881 (Kampf der Teile im Organismus, S. 230 u. f.; Ges. Abh. I S. 410 u. f.) folgendermafsen, wobei aber die drei Leistungen und zwei Regulationen, die bei der Flammenbildung auf einmal entstehen, noch nicht wie oben voll ausgenutzt worden sind: „Wir kennen die Leistungen der Atome für sich und der organischen Gebilde viel zu wenig, um beurteilen zu können, ob ein direkter Übergang vom Feuer zum Leben möglich gewesen ist. Ebenso erscheint es mir überflüfsig, das ganze Weltall nach dem möglichen Ort der Entstehung des Lebens theoretisierend abzusuchen, da uns jegliche Vorstellungen über die notwendigen Qualitäten dieses Ortes fehlen. Wir können uns, meine ich, bis auf weiteres ebensogut mit der Annahme zufrieden geben, dafs der Lebensprozefs in irgendeinem Stadium der Erdgeschichte seinen Anfang genommen habe. Nur mufs man nicht, wie immer geschieht, ihn gleich durchaus fertig mit geordneter Kontraktilität und dem Verbrauch entsprechender Assimilationsregulation verlangen."

„Man mufs sich vielmehr vorstellen, dafs das Leben zunächst einfach als blofser Assimilationsprozefs ähnlich wie das Feuer begonnen habe. Allmählich bildeten sich dann vielleicht unter dem Auftreten und Verschwinden zahlloser Varietäten, unter fortwährender Steigerung (und Vermehrung) der dauerfähigen Eigenschaften auch quantitative und qualitative „Selbstregulationen" in der Assimilation und im Verbrauch aus. Dem folgte wohl die Entstehung von Reaktionsqualitäten, als deren schon aufserordentlich hohe Stufe nach einer Richtung hin, in vielleicht Millionen Jahre umfassenden Zeiträumen, nach und nach die Reflexbewegung gezüchtet wurde in der niederen Form, wie sie uns die Monere zeigt.*) Die weitere Ausbildung von Reaktionen, wie fest geordnete Bewegung, spezifische Sinnesempfindung, folgte gewifs viel später; und sie liegen unserer Vorstellung schon so viel höher, dafs niemand sie von der niedersten Stufe des Lebens verlangt. Aber die viel schwerere Erwerbung aller der vor dem Auftreten der letzteren notwendigen Eigenschaften soll durchaus auf einmal, als Spiel eines Zufalles erfolgt sein."

„Auf die Reflexbewegung folgte wohl die Ausbildung fester, vererbbarer Richtungen, sowohl in Bewegungen als in Gestaltungen und damit das grofse Prinzip der Gestaltungen aus dem Stoffwechsel unterliegenden Prozessen, das Grundprinzip der organischen Morphologie. Dieses erscheint mir um nichts leichter verständlich, als die Sensibilität, eher schwerer, trotz der häufig angeführten Analogie der Kristallbildung, denn letztere findet eben nicht aus Prozessen mit Stoffwechsel statt."

„Wie man früher den Homunkulus fix und fertig aus der Retorte hervorgehen lassen wollte, so verlangt man es heutzutage von der Monere. Das erscheint mir nicht unähnlich,

---

*) Diese Erwerbung erscheint nach den Experimenten von Berthold, Bütschli, Quincke, Rhumbler jetzt viel leichter als sie mir damals im Jahre 1881 erschien. Auch sonst beurteile ich die Gröfse mancher dieser Stufen jetzt anders.

typischem Resultate führende Selbstregulation eines anorganischen Gebildes. Das ist die Regeneration defekter Kristalle. Diese ergänzen den Defekt in übersättigter Lösung beim Wachstum des Krystalles allmählich vollkommen, also durch stärkeres Wachstum an den Defektstellen. Noch viel wichtiger ist die von Przibram gemachte fundamentale Entdeckung, dafs defekte Kristalle in gesättigter, aber vor Verdampfung geschützter Lösung regenerieren, ohne an Masse zuzunehmen.[1]) Soll hier auch schon eine Entelechie determinierend tätig sein?

Zur Entstehung der „Gewebsqualität der trophischen Wirkung der funktionellen Reize“ ist zu diesen zufällig und auf einmal entstehenden

---

als wenn man erwartete, dafs zufällig einmal der Sturmwind ein in sich geordnetes Kunstwerk, etwa wie eine Beethovensche Symphonie bliese, oder dafs er beim Zusammenbrechen alter Felsen aus den Trümmern einen stilgemäfsen dorischen Tempel aufbaute, oder dafs ein Papua zufällig einmal die Integralrechnung entdeckte. Wenn dasjenige, zu dessen Entstehung Jahrtausende lange Auslese immer des Besten nötig gewesen ist, plötzlich auf einmal ebenso vollkommen aus der Hand des Zufalls hervorgehen könnte, warum sollte es in diesen Fällen nicht auch stattfinden können?“

„Die Entwicklungsstufen von dem einfachen Assimilationsprozefs bis zu dem mit Sensibilität und von diesem letzteren bis zur Entstehung bestimmter, durch Vererbung übertragbarer Bildungsrichtungen und von dieser Stufe bis zum Menschen erscheinen mir nicht so ungleich. Das prinzipiell Geleistete derselben ist nach unserer heutigen, allerdings gänzlich unzureichenden Vorstellung vielleicht ziemlich gleichwertig; aber wohl wird noch eine vierte Stufe, die ihren Anfang mit der Entstehung des Bewufstseins: mit der Zusammenfassung des Gemeinsamsten aller Einzelerlebnisse des Individuums zu einer Gesamtwirkung einzuschieben sein. Aber wenn das Wesen des Bewufstseins schon besser analytisch untersucht wäre, würde uns dasselbe vielleicht gar nicht so wesentlich erscheinen, eine besondere Stufe für diese Art der Abstraktion, aus welcher sich vielleicht das ganze übrige Seelentableau ableitet, darzustellen. Jedenfalls aber erscheint es willkürlich, anzunehmen, dafs das Bewufstsein eine allgemeine Eigenschaft der Materie sei, blofs damit wir sie nicht als für das Organische neu entstanden einführen müssen. Es sind unendlich viele ganz neue Qualitäten im Laufe der Entwicklung der Organismen aufgetreten und den wenigen ursprünglichen hinzugefügt worden, welche wir ebensowenig in ihrer spezifischen Qualität aus den Eigenschaften der Atome, des materiellen Substrates, an welches sie gebunden sind, und als dessen Funktionen wir sie wohl mit Recht betrachten, abzuleiten vermögen, als das Bewufstsein aus den Ganglienzellen der Grofshirnrinde.“ Diese Möglichkeit der Entstehung des ersten Lebens durch „sukzessive Züchtung und Häufung der Elementarfunktionen“ wurde in meinem Vortrag I: Die Entwicklungsmechanik, ein neuer Zweig der Biologie, Leipzig 1905, S. 108, 131, 149, etwas weitergeführt als hier angedeutet ist.

[1]) Das ist fast die von mir an Lebewesen unterschiedene „Regeneration durch Umordnung“, hier aber wohl ohne gleichzeitige Umdifferenzierung.

Leistungen der Flamme „prinzipiell“ nur noch nötig, dafs gerade „derjenige Reiz“, welcher die spezifische Funktion des Gewebes, z. B. die Kontraktion der Muskelfaser, die Sekretion der Drüsenzelle, die Druck- und Zugspannung des Knochens, die Schubspannung des Knorpels veranlafst, auch die NB. hier „morphologische“ Assimilation, des die Funktion vollziehenden Materials der Muskelsubstanz oder der Drüsensubstanz usw. direkt oder indirekt anregt, und zwar dies in der Weise, dafs bei gewisser Stärke der Beanspruchung die Assimilation bis zur Überkompensation des Abgenutzten ev. auch nicht Abgenutzten (bei Knochen, Knorpel) angeregt wird.

Die erwähnten drei Arten von Leistungen der Flamme und die Regulation der Gröfse von zweien dieser Leistungen entstehen aber alle auf einmal, also sogar ohne viele Variationen und ohne Auslese und also auch ohne sukzessive Züchtung.

Ein derartiges Entstehen sieht in der Tat sehr nach dem Wirken eines „zwecktätigen Agens“ aus. Meinen die Vitalisten in der Tat, dafs bei der raschen Bildung der Flamme ein zwecktätiges Agens beteiligt sei, wie sie es für die nach meiner Meinung erst im Laufe langer Zeiträume entstandene und zu hoher Leistungsfähigkeit gezüchtete Gewebsqualität der funktionellen Anpassung annehmen wollen? Mufs bei der Bildung jeder einzelnen Flamme, so wie sie es für jede einzelne Gestaltung der funktionellen Anpassung früher annehmen mufsten, eine Entelechie vorhanden sein und wirken?

Oder war etwa nach ihrer Meinung die Entelechie nur bei der Bildung derjenigen „Qualitäten der Materie“ beteiligt, welche die Verbrennung möglich machen und bewirken? Hat also diese Intelligenz die einzelnen Wirkungsweisen der beteiligten chemischen Elemente, ohne welche die Flammenbildung nicht möglich wäre, „zu dem Zwecke“ der Bildung und Erhaltung der Flamme gemacht? Dies ebenso, wie diese Autoren es für die „trophische Wirkung der funktionellen Reize auf die Gewebe“ zum Zwecke der funktionellen Anpassung annehmen? Wer in solcher Weise argumentiert, für den hat konsequenterweise ein zwecktätiges Agens, wie es die chemischen Verwandtschaften des Sauerstoff erfand um Verbrennungen und tierisches Leben zu ermöglichen, jedenfalls auch die Reibung erfunden und in das Naturgeschehen eingeführt, „um

die Lokomotion in der Welt zu ermöglichen", die Cohäsionswirkung, „um dauernde Gestaltung zu ermöglichen".[1])

Bei solcher Auffassung beruht alles Naturgeschehen auf wahrer Zwecktätigkeit, alles ist Teleoergasie.

---

[1]) Es sei noch auf ein soeben erschienenes interessantes Buch hingewiesen: Die Umwelt des Lebens, eine physikalisch-chemische Untersuchung über die Eignung des Anorganischen für die Bedürfnisse des Organischen, von Lawrence J. Henderson, Assistant-Professor der biologischen Chemie an der Harvard-Universität in Cambridge (U. S. A.). Deutsch von R. Bernstein, 170 S. Wiesbaden 1914.

In dem durch den Titel bezeichneten Spezifischen des Werkes ist dasselbe eigenartig, gut und inhaltreich. Zum Schlufs bespricht der Verfasser auch noch kurz die in der vorliegenden Schrift behandelten Probleme und neigt einer möglichst mechanistischen Auffassung zu. Die oben reproduzierten Lehren sind ihm nicht bekannt.

Da ihm (wie wohl überhaupt zurzeit noch den biologischen Chemikern*)) die Distinktion der zum „typischen" Lebensgeschehen „nötigen" Faktoren in dasselbe determinierende und realisierende Faktoren fremd ist, so leidet sein Buch in dieser Hinsicht etwas an Unbestimmtheit. Die „typischen" Lebewesen spricht er infolgedessen auch nicht klar als Selbstgestaltungs- und Selbsterhaltungsgebilde an, wie wir es auf Grund dieser notwendigen analytischen Distinktion tun können und müssen, obschon die Lebewesen in ihrer „Realisation" von der Aufsenwelt abhängig sind und auch von aufsen her vom Typus abgeändert werden können.

Bezüglich der „Übung", also der funktionellen Anpassung, zitiert Henderson noch Du Bois-Reymonds unbefriedigtes Urteil, weil es ihm entgangen ist, dafs dieses Problem der „direkten" Anpassung bereits kurze Zeit danach (1881) im Prinzipiellen kausal gelöst worden ist. Desgleichen kennt er nicht die prinzipielle kausale Ableitung der Regeneration und Postgeneration. Mit diesen Kenntnissen hätte Henderson zu einem der mechanistischen Auffassung des Lebens günstigeren Schlufsurteil gelangen können.

Da ferner nach unserer Auffassung die Lebewesen durch allmähliche Züchtung aus dem Anorganischen entstanden sind, so ist es für uns kein Problem mehr, dafs beide: Lebewesen und ihre Umwelt sich „füreinander eignen", da eben nur solche Variationen der Lebenssubstanz „dauerfähig" waren, welche sich zu den äufseren Verhältnissen als dem früher Vorhandenen „eignen". Dazu brauchen wir also kein besonderes Agens zu suchen

*) Diese kausal analytische Distinktion der determinierenden und realisierenden Faktoren könnte wohl auch mit einigem Nutzen in der anorganischen Chemie Verwendung finden, obschon es sich daselbst nicht wie bei den Lebewesen um Gebilde handelt, welche in einer „einfach erscheinenden" Substanz im Voraus „determiniert" sind und später von ihr in „typischer" Weise sichtbar kompliziert ausgebildet „entwickelt" werden. So doch deshalb, weil nicht alle zum Entstehen einer anorganischen chemischen Verbindung nötigen Elemente und Energien die „Qualität" des Produktes „gleich stark bestimmen". Man hätte in bezug auf diese Leistung oft wohl drei Kategorien von Faktoren zu unterscheiden: 1. vorzugsweise die Qualität determinierende, 2. sie weniger determinierende und 3. sie nicht determinierende; wobei also die letzteren blofs das durch die anderen Determinierte „realisieren", wie dies zum Teil Wärme und Elektrizität tun.

Diejenigen Teleologen, welche die wundertätige Gewebsqualität der funktionellen Anpassung als von teleomorpher Abkunft bezeichnen, müssen konsequenterweise dasselbe auch mit diesem anorganischen Geschehen tun. Denn diese Wirkungsweisen sind für das Naturgeschehen ebenso nötig, also nützlich, real zweckmäfsig.

Am Schlusse der Schrift über den Kampf der Teile habe ich betont, dafs durch die in ihr vorgenommene Darlegung der Erhaltungs- und Steigerungsprinzipien im innern Lebensgeschehen unsere „Kenntnis" der „wirklichen" Entstehung der Lebensvorgänge natürlich nicht gefördert worden ist. Diese Einsicht haben uns später Gegner der Deszendenzlehre als ihre neue geistige Errungenschaft entgegengehalten.

Die Kenntnis und Darlegung der Wirkungs-, der Erhaltungs- und Steigerungsprinzipien hat aber doch einen „Erkenntniswert" in bezug auf die „prinzipiellen Möglichkeiten der Entstehung" und aufserdem einen „heuristischen Wert" für die notwendige empirische Forschung. Von letzterer hoffte ich damals, sie werde bald nachfolgen. Das ist aber nicht geschehen. Es ist in den seitdem verflossenen mehr als drei Dezennien zwar sehr viel über die hier behandelten Probleme theoretisiert, aber wenig experimentell darüber gearbeitet worden. In dieser Hinsicht sind die bisherigen Experimente zur künstlichen Herstellung von Lebewesen zuerst von A. L. Hererra, dann von Steph. Leduc, Butler-Burke, Martin Kuckuck u. a. sowie O. Lehmanns Deutung der flüssigen Kristalle anerkennenswert, wenn die Autoren auch noch nicht der von mir (s. S. 15—27, 80) aufgezeigten, allein konsequent weiterführenden Methode[1]) gefolgt sind, und wenn sie bei der Deutung ihrer Ergebnisse auch die hier reproduzierte ausreichende Definition vom Wesen des Lebens teils gar nicht, teils in unrichtiger Umdeutung der Qualität einzelner der neun Funktionen zugrunde gelegt haben. Daher beruht die Deutung ihrer bisherigen künstlichen Produkte als Lebewesen auf Selbsttäuschung und hat das Publikum irregeführt. Immerhin sind diese

à la Bergson. Das ist auch ein Vorzug unserer Erklärung. Des weiteren aber sucht Henderson mit Recht zu ermitteln, in welchen Eigenschaften der Substanzen diese „Eignung" besteht.

[1]) Roux, Die angebliche künstliche Erzeugung von Lebewesen. Die Umschau 1906.

Versuche doch Anfänge, die uns bereits einige in dieser Richtung führende Erkenntnis geliefert haben und deren streng methodische Weiterführung auf dem bezeichneten Wege bei der nötigen Ausdauer zur künstlichen Erzeugung einfachster, sei es zuerst pflanzlicher oder tierischer Lebewesen mit den ersten acht Elementarleistungen und einigen Selbstregulationen derselben führen wird. Vielleicht kommt dann noch ein geringes Maſs fester, d. h. vererbbarer Gestaltung und entsprechender Selbstentwicklung hinzu.

Es kann so durch Intelligenz in wenigen Dezennien dasselbe hervorgebracht werden, zu dessen natürlicher Entstehung ohne Intelligenz, bloſs durch zufälliges Geschehen und durch Erhaltenbleiben des Dauerfähigen vielleicht Jahrtausende nötig waren.

IV.

Kurze Definition des Lebewesens.

Geben wir zum Schlusse eine das nötigste Konkrete enthaltende funktionelle Definition des Lebewesens, so haben wir zu sagen:

Das Lebewesen ist ein Naturkörper, welcher folgende neun, „ihrer Art nach“ „in ihm selber bestimmte“ Leistungen, also Selbstleistungen, Autoergasieen hat: Selbstveränderung, Selbstausscheidung, Selbstaufnahme, Selbstassimilation, Selbstwachstum, Selbstbewegung, Selbstvermehrung, Selbstübertragung der Eigenschaften auf die Nachkommen: Vererbung und dazu (bei allen mit Ausnahme der einfachsten) Selbstentwicklung.

Diese Selbstleistungen des Lebewesens verleihen dem Gebilde in hohem Maſse das Vermögen der „Selbsterhaltung“ und damit grofse Dauerfähigkeit, sie nützen somit dem Lebewesen selber, stellen die Selbstnützlichkeit Autophelie desselben dar.

Zu diesen Leistungen fügte ich (1881) noch das Vermögen der Selbstregulation in der Ausübung dieser neun Leistungen hinzu. Durch dieses allgemeine Vermögen wird die direkte Anpassungsfähigkeit an den Wechsel der äuſseren Verhältnisse sowie auch Schutz gegen die Wirkung dieses Wechsels hergestellt und damit die Selbsterhaltungsfähigkeit und die Dauerfähigkeit des Gebildes nochmals sehr vergröſsert.

Von den „seelischen“ Erhaltungs- und Betriebsfunktionen wurde abgesehen, da sie bei den niedersten Lebewesen noch nicht erwiesen sind (s. S. 81).

Wir haben in vorstehenden Darlegungen ersehen, daſs keine der ersten acht Leistungen fehlen kann, ohne die Selbsterhaltungsfähigkeit sehr herabzusetzen. Dem entsprechend sind diese Leistungen auch den Pflanzen

eigen. Dies gilt auch von der aktiven Bewegung, welche, wenn auch in etwas eingeschränktem Mafse, doch als Protoplasmabewegung allen Pflanzen zukommt.

Es kann also keine „Lebewesen“ geben, die von unserer Charakteristik durch Fehlen solcher Leistungen abweichen. Es konnten und können nur noch neue Spezialleistungen dazu kommen; wie dies ja auch der Fall ist, so in der Bildung weiterer spezieller vererblicher Eigenschaften, in der Bildung seelischer Leistungen und vieler Spezialarten der acht allgemeinen Leistungen. Dagegen ist über den chemischen und physikalischen Bau durch unsere Definition noch wenig bekannt gegeben, wenn schon dieser dadurch in vieler Hinsicht bestimmt sein mufs. Immerhin kann es vielleicht Lebewesen geben, die teilweise einen anderen chemischen Bau haben, als die uns bekannten Lebewesen, z. B. Lebewesen, in denen vielleicht der Kohlenstoff teilweise durch Silizium vertreten ist.

Fassen wir zum Schlusse unsere Definition so kurz zusammen als es irgend geht, ohne an wesentlichem bestimmendem Inhalt einzubüfsen, so können wir sagen:

Das Lebewesen ist, bei seiner vollen Aktivität, ein Naturkörper, welcher durch eine Reihe von neun bestimmten Leistungen: und zwar durch fünf Leistungen des Stoffwechsels, sowie durch Bewegung, Vermehrung, Vererbung und Entwicklung sich erhalten. Alle diese Leistungen sind Selbstleistungen, Autoergasien des Lebewesens in dem Sinne, dafs die Faktorenkombinationen, welche die „typische Qualität“ jeder Leistung „bestimmen“, in dem Lebewesen selber enthalten sind. Daher ist auch die Erhaltung des Lebewesens Selbsterhaltung und Selbstunveränderterhaltung desselben. Diese Selbsterhaltungsfähigkeit wird noch wesentlich durch das allgemeine Vermögen der Selbstregulation in der Ausübung aller Leistungen erhöht. Durch diese Selbstregulation wird aufserdem direkte Anpassung des Lebewesens an seine Umgebung bewirkt.

Es liegt kein Beweis dafür vor, dafs diese Leistungen nicht durch rein mechanistische Wirkungsweisen möglich seien.

V.

Ergebnisse.

Zurzeit ist nur eine „funktionelle“ Definition des Lebens möglich. Zu den neun bekannten Elementarfunktionen war noch das Vermögen der Selbstregulation in der Ausübung dieser Leistungen als eine allen Lebewesen zukommende und sehr charakteristische Eigenschaft hinzuzufügen.

Diese Selbstregulationen haben den Anschein, als würden sie durch ein zwecktätiges Agens geleitet. Es wurde dagegen dargelegt, dafs die phylogenetische Entstehung dieser Regulationen gleich derjenigen der neun Elementarfunktionen der Lebewesen und gemeinsam mit ihnen auch durch Züchtung aus zufälligen Variationen vorstellbar ist. Die anscheinenden Zweckmäfsigkeiten können daher als bloſse „Dauerfähigkeiten“ beurteilt werden.

Die ersten, einfachsten Lebewesen können somit im Laufe von längeren Zeiträumen durch „sukzessive Züchtung der Elementarfunktionen“ unter Aufspeicherung dauerfähiger Variationen entstanden sein. Bei Einhaltung der hierbei von uns als nötig erkannten Reihenfolge der Erwerbungen der einzelnen Elementarfunktionen werden daher durch Intelligenz „einfachste“ Lebewesen in kurzer Zeit, vielleicht schon in wenigen Dezennien auch künstlich, synthetisch hergestellt werden können.

Die Vitalisten denken sich die physische Organisation der Lebewesen in solcher Weise, dafs zu den physischen: typischen und regulatorischen Gestaltungsleistungen derselben ein metaphysisches gestaltendes Agens, eine „Gestaltungsseele“ behufs Determination des Geschehens nötig ist.

Ich habe dagegen (1881) mit der Annahme einerseits von Keimplasma in den Zellen des entwickelten Körpers, also des Soma, und andererseits bestimmter gestaltender Beziehungen

zwischen diesen beiderlei Teilen dem Lebewesen eine Organisation zuerkannt, welche dasselbe prinzipiell befähigt, auch die regulatorischen „reinen Gestaltungsleistungen“ ohne Hilfe eines metaphysischen Agens zu bewirken.

Die „zureichenden speziellen determinierenden Faktoren“ sind dann bei jeder Art von solchem regulatorischen Geschehen „in der alterierten Beschaffenheit des Soma“ aber ohne „Wirkung eines Bedürfnisses“ gegeben, während die allgemeine Potenz zu dem Geschehen in dem allenthalben (in den Zellen, vielleicht auch in Interzellularsubstanzen) vorhandenen somatischen Keimplasma, auf welches die speziellen determinierenden Faktoren entsprechend aktivierend wirken, enthalten ist.

Diese speziellen Determinationsfaktoren sind physische und daher „prinzipiell“ der experimentellen Forschung zugänglich; die determinierenden Wirkungen einer gestaltenden Seele sind dies nicht. Aus diesem Grunde schon ist unsere Annahme von der Organisation der Lebewesen zum Zwecke der Forschung derjenigen der Vitalisten vorzuziehen.

Dafs die „geschlechtliche“ Vermehrung nicht durch das „entwickelte“ Lebewesen selber, sondern nur durch „Keimplasma“ geschieht, ist aufser Zweifel. Und auch bei der „ungeschlechtlichen“ Vermehrung der Lebewesen, also bei der sichtbar direkten Vermehrung bereits „entwickelter Lebewesen“ durch „Teilung“ und „Knospung“ braucht nicht das von Driesch formulierte und nach ihm als ohne Entelechie nicht mögliche Geschehen der „Selbstvermehrung einer entwickelten Maschine“ vorzuliegen. Sondern die Fortpflanzung kann auch hierbei durch in loco vorhandenes Keimplasma, also durch eine eigens zur Vermehrung der Lebewesen gezüchtete, einfachere, dieser Funktion angepafste Substanz veranlafst und determiniert werden. Dazu ist eine Entelechie nicht erforderlich.

Drieschs „morphologische“ Beweise der Autonomie der gestaltenden Lebensvorgänge beruhen somit alle auf der „Annahme nicht erwiesener Arten von Vorgängen“. Bezüglich aller dieser Leistungen ist von mir dargetan worden, dafs sie auch auf andere Weise vorstellbar sind, und zwar auf eine Weise, welche eine rein mechanistische Auffassung zuläfst. Driesch hat nicht nachgewiesen, dafs diese Deutungen unmöglich oder unrichtig seien.

Da alle Beweise Dieschs nur apagogischer Art sind, also darauf beruhen, dafs anderes nicht möglich, nicht denkbar sei, so haben sie keine Beweiskraft mehr, nachdem dargetan ist, dafs eine andere Erklärungsweise „möglich", denkbar ist. Damit sind dem Vitalismus seine besten, seine „prinzipiellen" Stützen entzogen.

Im Speziellen, das heifst in bezug auf die Arten des Wirkens und seiner Faktoren ist noch vieles, sehr vieles Lebensgeschehen mechanistisch unerklärt, und vieles wird es wohl ewig bleiben. Auf diesem Gebiete des kausal noch Unerklärten mögen die überzeugten Vitalisten versuchen, die Probleme auf ihre Weise zu behandeln und dabei eine Entelechie, einen Archeus und dergleichen verwenden.

Auf Grund der vorstehend dargelegten Auffassung der Organisation des Lebewesens enthält für uns „Mechanisten im Sinne Kants" das Lebewesen eine unendliche Fülle lockender, durch geistige Analyse und ihr angepafste Experimente bis zu noch nicht bestimmbarer Grenze „der Erforschung zugänglicher Probleme", während für den Vitalisten im Grunde nur staunende Bewunderung möglich ist.

Aufserdem ist die grofse Gruppe der „funktionellen" regulatorischen Gestaltungsvorgänge also der funktionellen Anpassungen, welche früher nur durch ein zwecktätiges Agens vermittelt gedacht werden konnte, von mir (1881) soweit kausal erklärt worden, dafs selbst von Entelechetikern die Annahme der Beteiligung eines zwecktätigen Agens für diese Leistungen nicht mehr als nötig erachtet wird.

Dadurch ist ein zwecktätig „gestaltendes" Agens der Welt für unsere Einsicht von unendlich viel, ihm früher zugemuteter, zuerst rein schöpferischer und dann den funktionell gestaltenden Betrieb der einzelnen Lebewesen leitender Tätigkeit entlastet worden.

Es ist die grofse Aufgabe der weiteren theoretisch analysierenden und dann entsprechend experimentierenden exakten Forschung, auch für die regulatorisch gestaltenden Beziehungen zwischen Soma und somatischem Keimplasma, auf denen die Regeneration, Postgeneration, das Verhalten bei der Einschnürung oder Verschmelzung von Blastulae usw. beruhen, solche rein kausalen, also „beständigen" gestaltenden Wirkungsweisen aufzusuchen.

Das sogenannte biogenetische Grundgesetz ist kein „Gesetz des Wirkens“ von Faktoren, sondern nur eine „Regel der Aufspeicherung dauerfähiger Variationen“. Die tatsächliche Gültigkeit dieser Regel wird aber durch diese Änderung ihrer Ursachen nicht angefochten oder eingeschränkt.

Am Anfang meiner Tätigkeit (1878—1884) habe ich mich bestrebt, die voraussichtlich am leichtesten dem „analytischen“ Experimente zugänglichen kausal-morphologischen Probleme der individullen Entwicklung herauszufinden, um mit solchen die exakten kausalen Untersuchungen zu beginnen. Die Fragen nach dem „Sitz“ der „determinierenden“ und der „realisierenden“ Faktoren eines bestimmten Gestaltungsgeschehens, im Speziellen nach den Ursachen der „Zeit“, der „Richtung“ und der „Gröfse“ jedes Gestaltungsgeschehens erschienen mir am geeignetsten; und viele Forscher haben sich dieser Auffassung angeschlossen. Manchen anderen dagegen ist solche zwar sicher aber doch nur langsam weiterführende Methode viel zu langsam; sie wollen gleich an schwierigste und letzte Probleme mit der kausalen Analyse herantreten. Und da ihnen dies natürlich nicht gelingt, so rufen sie gleich das äufserste Mittel, eine „gestaltende Seele“, die alles kann, zu Hilfe und verfallen so dem Vitalismus, wohl ohne zu erkennen, dafs sie damit den Boden der exakten Forschung, welche allein die Aufgabe des Naturforschers ist, verlassen haben.

Die vitalistische Auffassung vieler ihrer Vertreter beruht dementsprechend nur auf vorzeitiger Inangriffnahme noch nicht exakt lösbarer Probleme; und diese Auffassung verführt die Forscher dann leicht sowohl zu vorzeitigem Verzicht auf exakte Lösung überhaupt wie zur Verkennung des viel höheren Wertes dieser Art von Lösung.

In der Naturwissenschaft aber ist jede rein physische Ableitung einer, sei es auch nur teilweise metaphysischen, vitalistischen Erklärung vorzuziehen. Daher verdient unsere nur erst prinzipielle mechanistische Lösung der „rein gestaltenden“ Selbstregulationen der Lebewesen, also der schwierigsten organischen Gestaltungsprobleme bereits den Vorzug vor allen vitalistischen Lösungsversuchen und angeblichen Lösungen.

NOVA ACTA.

Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher.

Band C. Nr. 3.

Die Tiefbohrung bis 600 m Tiefe

auf dem Gebiete der Fabrik chemischer Produkte und zwar der Holzverkohlungs-Industrie-Aktien-Gesellschaft in **Liesing bei Wien.**

Von

Franz Toula.

Mit einer Profil-Tafel.

Der Ort der Bohrung liegt 525 m östlich von der Südbahn-Hauptlinie bei der Station Liesing und 3100 m östlich vom Uferrande des marinen Tertiärs bei Kalksburg (Strand-Konglomerate und Sande), in etwa 212 m Seehöhe. Wie ich zur Kenntnis von dieser Bohrung und zu dem ganzen Material der Bohrung gelangte und was sich daran knüpfte, will ich am Schlusse meiner Arbeit in Kürze darlegen.

Eingegangen bei der Akademie am 7. November 1913.

HALLE.

1914.

Druck von Ehrhardt Karras G. m. b. H. in Halle (Saale).

Für die Akademie in Kommission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

Ergebnisse der mikroskopischen Analyse der Schlammrückstände der Bohrproben.

Das feinste bei der Schlämmarbeit in Anwendung gebrachte Netz hatte $^1/_4$ mm Maschenweite. Tiefenangaben der Bohrproben in Meter.

0.4—6.2 m. Grell gelber Schotter mit viel feinem Quarzsand. Die Gesteinsbrocken gescheuert, aber nicht gerollt; feste Sandsteinbrocken.

6.2—9.4 m. „Blauer Tegel“.[1]) Glimmerig-sandiges, etwas toniges Material mit Muschelresten. Mit Parallel-Absonderung.

In den Schlämmresten viele kleine und etwas gröfsere mehr oder weniger scheibenförmig platte Körper, wie Konkretionen, von Fossilresten, Schalenbruchstücke von *Cardium*, die vielleicht von mehreren Arten herstammen, sich aber nicht näher bestimmen lassen. Aufserdem erlangte ich drei kleine Schälchen einer hochgewundenen Schnecke, bei welcher man an *Paludina-Hydrobia* denken möchte, wenn die Umgänge nicht mit zarten Spirallinien über und über bedeckt wären. Das gröfste der Schälchen ist 2 mm lang. Es zeigt aufser dem Embryonal-Umgange noch vier Umgänge. Diese sind gleichmäfsig leicht gewölbt und mit 6—7 etwas ungleich starken Spirallinien bedeckt. Die letzten Umgänge fehlen.

9.4—9.65 m. „Steinplatte“. Gröbere Quarzkörner (bis 1 mm), in fein sandig-tonigem Material, welches mit Säure braust, mit rundlichen kleinen Hohlräumen.

9.65—19 m. „Grauer sandiger Tegel“. Sehr fein sandig, mit rundlichen, fester gebundenen Einschlüssen: wie Konkretionen. Braust lebhaft mit

[1]) Die Angaben des Bohrprotokolles sind mit Anführungszeichen versehen.

Säure. In den Schlämmrückständen nur die winzigen Konkretionen, nichts von Schalenbruchstücken.

19—21.5 m. „Gelber Lehm mit Schotter“. Feiner gelblicher Quarzsand, leicht gebunden. Das Bindemittel braust lebhaft mit Säure. Die feinen Quarzkörnchen eckig, ungerollt.

21.5—35.35 m. „Grauer sandiger Tegel“. Gelblicher Quarzsand, umschlossen von einem tonigen, mit Säure lebhaft brausenden, reichlichen Bindemittel.

35.35—35.5 m. „Steinplatte“. Als Probe liegt ein sehr feiner grauer Quarzsand vor, der zur leichten Bindung geneigt ist. Helle Quarzkörnchen, wenig gerundet, mit nicht sehr vielem feinen Muschelzerreibsel. Nichts bestimmbares. Braust der Muschelsplitterchen wegen lebhaft. Einzelne der Quarzkörnchen mit Ockerfärbung.

35.5—37.5 m. Ganz ähnlich 21.5—35.35 m. „Grauer sandiger Tegel“. In den Schlämmrückständen Lignit-Splitter, helle und ockerige Quarzstückchen. Muscheltrümmerchen. Ein Stückchen eines kleinen gezierten *Cardium*. Einige Cypridinen. Ein Schalenstück ähnlich der *Cytherina Mülleri* Rss.

37.5—37.7 m. Wie 35.35—35.5 m. Viele der Quarzkörnchen mit ockerigen Überzügen.

37.7—38.4 m. „Grauer sandiger Tegel“. Feiner Quarzsand wie 35.35—35.5 m, mit gröberen Quarzkörnchen und spärlichem Muschelzerreibsel. Quarzkörnchen wenig gescheuert. Ziemlich viele winzige, stark korrodierte Polystomellen. Ich glaube *P. Hauerina* d'Orb. erkannt zu haben.

38.4—38.55 m. Etwas gebundener feiner grauer Quarzsand („Steinplatte“?) mit vielen kleinen Polystomellen und Nonioninen (vielleicht *Nonionina granosa* d'Orb.).

38.55—44.85 m. „Grauer sandiger Tegel mit zwei Steinplatten“. Stark sandig, etwas gebunden („Steinplatten“). In den reichlichen Schlämmrückständen aufser gröfseren (1—5 mm) Rollstücken mit Muschelbruchstücken, sehr viel feiner, zumeist gerundeter Quarzsand (meist wasserhell), mit nicht sehr häufigem Muschelzerreibsel, vereinzelte Kiesknöllchen. Bestimmbare organische Reste fand ich nicht.

44.85—45.05 m. Hellgrauer feiner Sand, etwas gebunden. Neben den Quarzkörnchen eine Unmasse Muschelzerreibsel, so dafs dieses der Menge nach

vorwaltet. Wieder ziemlich viele winzige Foraminiferen. Durchweg scheibenförmige Arten mit gerundeter Aufsenseite: *Polystomella, Nonionina.* Auch eine *Rosalina simplex* d'Orb. glaube ich erkannt zu haben.

45.05—50.0 m. Grauer feiner Quarzsand wie 44.85—45.05 m, jedoch reich an zerriebenen Lignitbröckchen. Foraminiferen der genannten Gattungen weniger häufig.

50—58 m. Diese Probe („Tegel mit Schotter") enthält in einem grünlichgrauen Tegel Rollsteine aus Kalk, sandigen Kalk von bräunlicher Färbung und einen grauen Quarzsand, wie 45.05—50 m, aber ohne Lignitbröckchen, weniger viel Schalenzerreibsel. Vereinzelte Muscheltrümmer deuten auf *Tapes gregaria.* In den Schlämmrückständen sandiger Natur fand sich ein Schälchen, welches ich als *Cypridina Haueri* Römer (Reufs Taf. IX Fig. 28) bestimmen möchte. Auch winzige Foraminiferen fanden sich: *Nonionina granosa* d'Orb. (h), *Polystomella* cf. *aculeata* d'Orb. mit Spitzen an der Externseite, *Quinqueloculina* sp. ind.

58—65 m. „Gelber sandiger Letten". Feiner Quarzsand, licht gelbbräunlich, hier und da mit ockerigen Fleckchen, zu einem sehr mürben, leicht zerreiblichen Sandstein gebunden.

65.0—71.6 m. Sehr feiner, etwas toniger Quarzsand, leicht gebunden. Braust mit Säure. Von Schalenzerreibsel nichts zu erkennen.

71.6—72.8 m. Sehr feinkörniger Quarzsand mit Neigung zur Bindung („Stein-Raude"). Braust lebhaft mit Säure. Nur wenige gröfsere Steinchen (Kalk- und Sandstein). Winzige Kalkkörnchen. Nichts bestimmbares.

72.8—73.45 m. Gelblicher Quarzsand mit feinstem Schalenzerreibsel; etwas gebunden. Neben wasserklaren Körnchen auch solche, welche wie ockerig überzogen aussehen. Braust stark mit Säure. Foraminiferen sehr selten. Nur ein gutes Schälchen von *Polystomella* cf. *Listeri* d'Orb. Unterscheidet sich durch die gröfsere Zahl von Kammern.

73.45—76.45 m. Hellgrauer feinster Staubsand, Quarzstäubchen, etwas gebunden, hier und da ein glimmeriges Schüppchen. Braust lebhaft mit Säure.

76.45—81.00 m. Kaum von der vorhergehenden Probe unterschieden. Quarzkörnchen etwas gröfser.

81.00—81.5 m. Feinster, etwas stärker gebundener Quarzsand; hellgrau. Nur ein Schälchen von *Polystomella* in den durchsuchten Proben.

81.5—82.27 m. Wie die vorhergehende Probe, zu sehr mürben Brocken gebunden.

82.27—83.47 m. Desgleichen. Bei dieser Probe liegt eine zweite mit der Bemerkung: „aus dem Meifselloch". Sie besteht aus gröberem Sand. $^1/_2$—1 mm grofse Körnchen bilden die Hauptsache, doch finden sich auch gröfsere Körnchen. Diese bestehen aus Quarz und machen etwa die Hälfte aus; daneben auch viele Schalenbruchstücke, unter welchen ein Bruchstück einer *Rissoa* sich vorfand: *Rissoa inflata* Andrz.

83.47—86.50 m. Immer noch die leicht gebundenen, feinsten Sande; dürften mürbe Sandsteine gebildet haben. Kleine Polystomellen recht häufig, darunter die grofs- und rundgrubige *P. Hauerina* d'Orb. (selten) und *P. obtusa* d'Orb. (häufig). Von *Triloculina* cf. *inflata* d'Orb. nur ein Stückchen.

86.50—89 m. Hell grünlich-grauer, stark sandiger Tegel. Im Schlämmrückstande neben feinem Qarzsand auch etwas gröfsere Rollsteinchen (1—2 mm). Polystomellen spärlich. Schalenzerreibsel.

89.00—97.00 m. Feinster, etwas gebundener Quarz-Kalksand. Schalenzerreibsel. Nichts bestimmbares.

97.00—98.7 m. Grauer, etwas gröberer, aber immer noch sehr feiner, gebundener Sand. Quarz- und Muschelzerreibsel.

98.7—106.7 m. Hellgrauer feiner Sand, zur Ballung geneigt; etwa die Hälfte unter $^1/_3$ mm Korngröfse, das übrige wenig gröfser, vorwiegend Quarz ($^3/_4$), etwa $^1/_4$ Kalkschalenzerreibsel. In den untersuchten Proben nur hier und da eine winzige *Polystomella*. Im Sande gröfsere und kleinere Knollen eines grobsandigen Materials mit tegeligem Bindemittel. Im Schlämmrückstande neben den Sandkörnchen ab und zu ein Kiesknöllchen.

106.7—111.8 m. Sehr stark sandiger Tegel, oder tegelig gebundener Sand. Im Schlämmrückstande feiner Sand: Quarz- und Schalenbruchstückchen. Ziemlich häufig fanden sich Schälchen von *Nonionina punctata* d'Orb. Ein Schälchen von *Polystomella aculeata* d'Orb. und ein nicht genau bestimmbares von *Polystomella* sp.

111.8—113.9 m. Sehr feiner hellgrauer Sand, wie in 98.7—106.7 m. Nichts bestimmbares.

113.9—121.4 m. Sehr feiner, fast weifser Sand, durchweg unter 0.3 mm Korngröfse. Vorwiegend Quarz, hier und da ein Muscovitblättchen. Auch das Kalkschalenzerreibsel ist vorhanden. Die Probe braust lebhaft mit Säure.

121.4—121.65 m. Leicht gebundener, feiner, grauer Sand, die gebundenen Partien sehr mürbe. Viel feines Schalenzerreibsel.

121.65—124.15 m. Leicht tonig gebundener, feiner Sand.

124.15—144.30 m. Etwas stärker tonig gebundener, grauer, feiner Sand. Lebhaft mit Säure brausend, weil reich an Kalkschalenstäubchen.

144.30—148.9 m. Ebenso, nur etwas lichter. Hier und da ein Muscovitschüppchen.

148.9—156 m. Ebenso, nur noch lichter gefärbt.

156—168 m. Gelblich grauer Tegel. Im Schlämmrückstande neben feinem Sande auch gröfsere Kalksteinbröckchen. Viele Exemplare von *Nonionina punctata* d'Orb.

168—188 m. Graubläulicher Tegel in rundlich knolligen Körpern. Im Schlämmrückstand rundliche scheibenförmige Konkretionen. Nichts bestimmbares. Bis hierher sicher Sarmat.

188—228.87 m. Graublauer, feiner, tonig gebundener Sand. Im Schlämmrückstande schon Quarzkörnchen, vereinzelte Glimmerschüppchen. Sehr kleine kaum $^1/_2$ mm lange *Textularien*, mit Zellenumgrenzungen wie bei *T. carinata* d'Orb., hier und da auch eine Andeutung des scharfen Saumes (abgerieben?), spitzer zulaufend (häufig). *Polystomella* cf. *Listeri* d'Orb. (2 Ex.), *Globigerina bulloides* (3 Ex.) und kleine Buliminen: *Bulimina elongata* d'Orb. und *ovata* d'Orb., erstere auffallend glatt, schlank und spitz; vielleicht eine neue Form; letztere gedrungen. In dieser Schichte sonach, wohl das oberste, letzte Auftreten echt mariner Formen. Übergangsbildung.

228.87—238.6 m. Etwas gröberer, grauer Sand, leicht gebunden. Die feinsten Quarzkörnchen des Schlämmrückstandes zumeist rundgescheuert. Bestimmbares konnte ich in meiner Probe nicht auffinden.

238.6—241.05 m. Grober und feiner Sand (Quarz- und Kalkkörnchen), mit gröfseren Rollsteinen: sandiger Kalk mit Calcitadern, Sandstein mit reichlichem, kalkigen Bindemittel. Von Fossilien fand sich nichts als ein Stück einer, der Form nach an *Mitra* erinnernden Schale, welche jedoch zu *Voluta* gehören mufs, da die zwei wohlerhaltenen glatten Embryonalumgänge die Spitze abstumpfen. Darauf folgen drei kräftig quergefaltete Umgänge. Die Falten des nächsten (6.) Umganges sind sehr abgeschwächt, aber immer noch deutlich, erst der 7. und 8. Umgang besitzt nur noch ganz abgeschwächte Andeutungen der Skulpturen. Nach dem Geschilderten mufs das Stück von einer an *Voluta taurinia* Bon. anschliefsenden, aber viel schlankeren Form herstammen.

241.05—241.35 m. Weniger grober Sand, ohne gröfsere Rollsteine. Nur ein Schälchen liegt vor, das zu *Columbella subulata* Bell. zu stellen sein wird.

241.35—243.50 m. Zwei Proben. Nr. 1: Ein feinerer Sand, vorwaltend Kalk, mit zurücktretendem Quarz, $^1/_2$—1 mm Korngröfse. Nr. 2: Gröberer Sand mit vielen kalkig-sandigen Rollsteinen (abgescheuerte eckige Stücke). In Nr. 1 Schalenreste: Ein gutes Schälchen von *Buccinum costulatum* Brocc. mit Anbohrung (*Trochus*?), drei gute Windungen von *Turritella bicarinata* Eichw. Aufserdem liegen mir vor: ein Schalengewindestück, welches mich an eine *Voluta* denken läfst. Die ersten drei Windungen mit Spirallinien und Querwülsten, die übrigen mit zarter Querskulptur. In den Schlämmrückständen fanden sich Bruchstücke von Bivalven und Gastropoden: *Venus* sp. ind., *Cytherea* spec., *Murex*, *Pleurotoma* (?), *Trochus* cf. *patulus* Brocc., *Turritella* cf. *turris*, *Columbella subulata* Bell. und ein *Cerithium* sp. (n. f.?), das nicht in die Gruppe des *Cerithium Bronni* Partsch gehört. Auch Lignitbrocken fanden sich.

243.50—247.55 m. Tonig gebundener Sand, feinkörnig, mit vielen mittelgrofsen und auch gröfseren Brocken. Ziemlich viele Bruchstücke von Lignit. Im gröberen Sande fand ich zwei Exemplare von *Cerithium scabrum* Olivi, das besser erhaltene nur 2.2 mm hoch. In dem feinsandigen Schlämmrückstande finden sich aufser einem *Trochus* sp., fein geziert, etwa wie *Trochus fanulum* Gmel. von Foraminiferen:

Spirulina austriaca d'Orb., ein sehr hübsches Stückchen,
Bulimina elongata d'Orb.,
Bulimina aculeata d'Orb.,
Triloculina consobrina d'Orb.

247.55—248.9 m. Nr. 1: „Konglomerat". Mir liegen (z. T. gerundet) Brocken von feinkörnigem Sandstein, neben spärlicheren dolomitischer Natur vor. Nr. 2: Grober und feinerer Sand, vorherrschend über 1 mm Korngröfse, mit gröfseren Brocken (wie in Nr. 1). Auch Brocken von Calcit (aus Calcitadern?) und Quarzkörnern. Vereinzelte Lignitstückchen. Das auffallendste Vorkommen bilden drei gute Schälchen von Alveolinen, und zwar zwei kugelige Stückchen von *Alv. melo* d'Orb. und ein längeres und gröfseres von *Alv. Haueri* d'Orb. Von Bivalven liegen nur Bruchstücke vor, eines mit eigenartiger Schlofsbildung. Von *Cerithium* ein winziges, $1^1/_2$ mm langes, guterhaltenes Schälchen, mit nur sechs Umgängen, zwei glatten Embryonalwindungen und vier wie bei *Cer. scabrum* Olivi geziert. Offenbar ein Jugendexemplar. Von *Fusus* nur das untere Stück mit dem Kanal. Von *Hydrobia Partschi* Frfld. war ein gutes Stück da. Im feinsten Sande (Schlämmrückstand) viel Lignitsplitterchen, schön gescheuerte Calcitkörnchen. Schalenbruchstückchen. Unter den Bestimmbaren: kleine Cerithien (*Cer. scabrum* juv.?).

248.9—254.9 m. Grauer Tegel, überaus reich an kleinen Rollsteinchen und gröberem und etwas feinerem Sand, auch viele gescheuerte Calcitkörnchen. Im gröberen Material ziemlich viel unbestimmbares Trümmerwerk von Schalen. Nur ein Stück mit den ersten Umgängen eines nicht sicher zu bestimmenden *Fusus* (?), mit nur neun knotigen Wülsten am Umkreise und feiner Spiralstreifung. Im Schlämmrückstand neben unbestimmbaren Stückchen:

Cerithium scabrum Olivi.
Cerithium sp. (n. sp.?). Kürzeres Gewinde mit drei Spiralen, davon die beiden ersteren mit stärkeren Knötchen.
Cardium spec. ind. Bruchstückchen mit geknoteten Rippen.
Alveolina melo d'Orb. (kugelig) und ein etwas quer verlängertes Stückchen, das sich also *Alveolina Haueri* d'Orb. annähert.
Polystomella crispa d'Orb.
Truncatulina cf. *Dutemplei* d'Orb.
Quinqueloculina sp. 2 mm lang, leider auf den Flanken beschädigt.

254.9—273.10 m. „Grauer schmieriger Tegel“ mit Neigung zu knolliger Ballung. Im Schlämmrückstande nicht ganz feiner Sand, viel Schalenzerreibsel, gerundete Calcitkörnchen, Quarzkörner (ca. 1 mm Korngröfse vorherrschend). Ein korrodiertes Schälchen von *Alveolina melo* d'Orb., *Polystomella crispa* Lmk. (1 Ex.), eine *Rotalia* sp. (n. sp.?), zwei Bruchstücke winziger Schneckchen (*Cerithium*?).

273.10—273.5 m. „Tegelsand (hart)“, zerfällt im Wasser zu sehr feinem Sand, mit vielen feinen Schalensplittern und recht verschiedenen, aber seltenen Foraminiferen:

Polystomella crispa Lm.
Truncatulina Haidingeri d'Orb.
Bulimina elongata d'Orb.
Bulimina pupoides d'Orb. (2 Ex.).
Uvigerina asperula Cz.
Uvigerina Liesingensis n. f. Eine schlanke, vielzellige Form, welche sich an *U. cochlearis* und *Brunnensis* Karr. (Abh. Geol. R. A. IX S. 385 Taf. XVI b fig. 48. 49) anschliefst, aber viel kräftigere Rippen besitzt, die nach unten in Spitzchen auslaufen.
Triloculina cf. *gibba* d'Orb. (schlankere Form).
Triloculina cf. *consobrina* d'Orb.

273.5—310.0 m. „Grauer Tegel“. Ein fester gebundener Sand, mit tonigem Bindemittel, der in Wasser sofort in sehr feinen Sand zerfällt. Im Schlämmrückstand (auf dem $^1/_4$ mm Siebe) bleibt nur wenig zurück. Eine Unmasse von durchweg winzigen Foraminiferen ($^1/_3$ und $^1/_2$ mm-Formen), neben weniger zahlreichen Quarzkörnchen. Sehr viele Rotalinen, z. B.:

Truncatulina Haidingeri d'Orb. und etwa fünf andere Formen.
Rotalia cf. *patella* Rss. (vielleicht eine neue Form). Ausgesprochen trochiform, mit sehr schrägen Kammerscheidewänden, die Unterseite flach wie jene von *Discorbina planorbis* d'Orb., aber ohne Sternandeutung.
Discorbina planorbis d'Orb.
Anomalina cf. *Badensis* d'Orb.
Nonionina Soldanii d'Orb. und *Nonionina communis* d'Orb.
Polystomella crispa Lam.
Bulimina pupoides d'Orb.
„ *pyrula* d'Orb.
Bulimina elongata d'Orb., mehrere Exemplare, neben zahlreichen

ähnlichen, glatten und glänzenden Exemplaren als die häufigste Form. Schlank und fast gerade. Gedrungenere aber spitz zulaufende Formen scheinen an die *B. pupoides* anzuschliefsen, ohne in voller Übereinstimmung zu stehen.

Plecanium cf. *laevigata* d'Orb.
Textularia cf. *Bronniana* d'Orb.
Polymorphina amoena Karr.
„ *oblonga* d'Orb., sehr schlanke Form.

310.0—341.0 m. „Grauer Tegel" mit Druckschieferung. Enthält viele feine und grobsandige Einschlüsse: Quarzkörner, Kalkspatstückchen, Sand- und Kalkrollsteinchen, Muscheltrümmer, vereinzelte Lignittrümmerchen. Viele kleine Fossilien. Foraminiferen:

Alveolina Haueri d'Orb. (4 Ex.).
Alveolina melo d'Orb. (3 Ex.).
Vor allem sind Quinqueloculinen häufig, alle gröfseren mehr oder weniger beschädigt.
Quinqu. Aknerana d'Orb., *Quinqu. Ungerana, Haidingeri* (2 mm).
Polymorphina oblonga d'Orb.
Bulimina n. f. aff. *B. Buchana* d'Orb., aber nicht so aufgebläht.
Uvigerina aff. *pygmaea* (n. f.?), viel schlanker, die Rippen in Spitzchen auslaufend.
Uvigerina cochlearis Karr. und eine ähnliche Form, bis zur letzten Kammer kräftig gerippt, die Zellen in gewundener Anordnung.
Polystomella crispa Lm.
Truncatulinen s. h.: *Tr. Haidingeri* d'Orb., *Aknerana* d'Orb., *Dutemplei* d'Orb. (h).

Drei Bryozoënästchen (die einzigen Vorkommnisse in der ganzen Schichtenfolge): *Cellaria (Salicornaria).* Ein 2.5 mm langes und 1 mm dickes Stämmchen mit kreisrundem Querschnitte. Die Zellen stehen in Längsreihen übereinander, in abwechselnder Stellung, von im allgemeinen scharf ausgeprägtem rhombischen Umrisse. Über einer halbmondförmigen Mündung, mit zwei zierlichen Zähnchen am Unterrande, steht eine grofse kreisrunde Öffnung, die eine tiefe Grube einschliefst (Ovicellarien). Dürfte eine neue Art sein. — Ein zweites Stückchen zeigt in schiefen Reihen angeordnete Zellen mit vorragenden Zellmündungen. Erinnert lebhaft an *Idmonea subtubulosa* Rss. (Septarienton Taf. IX fig. 7). — Das dritte Stückchen, 1.5 mm

lang, stimmt recht gut mit *Crisia Edwardsi* Rss. überein. Kleine Gastropoden sind recht häufig, vor allem winzige *Cerithien*, und zwar *Cerithium (Bittium) spina* Partsch., *Bronni* Partsch. (Jugendform) und n. f., mit der Skulptur von *Cer. scabrum*; *Turritella Archimedis* Brong., *T.* cf. *turris* Bast. und *bicarinata* Eichw.; *Scalaria* sp. (cf. *pumicea* Brocc.). Aufserdem ein winziges verkiestes Stückchen mit vier gerundeten Umgängen und offenem Nabel. Das Stückchen scheint mir in naher Übereinstimmung zu stehen mit ***Spirialis valvatina*** Rss. von Wieliczka (1867 Taf. VI fig. 11 S. 130). Es ist links gewunden, nur der Nabel erscheint weiter. Der Durchmesser der Schale beträgt nur 1 mm.

341—350 m. „Grauer Tegel". Feiner Tegel mit spärlichen Schlämmrückständen: Quarz, Calcit, Kiesknöllchen, Kalk- und Sandstein-Rollsteinchen. Spärliche Muschelbruchstückchen. Ich fand:

Globigerina quadrilobata d'Orb.
Truncatulina sp. ind.
Uvigerina urnula d'Orb.
Uvigerina pygmaea d'Orb.
Spiroloculina?

Ein fragliches Stückchen, etwas sandig, vielleicht *Quinqueloculina foeda* Rss; und ein winziges, kaum $^1/_3$ mm grofses, fast kugeliges Schälchen von symmetrischem Bau, wie *Nonionina*.

350—430 m. „Grauer Tegel". Feiner Tegel mit etwas mehr Schlämmrückständen in der Form von feinstem Stäubchensand, mit vielen winzigen Foraminiferen. Gröfsere Körnchen nur spärlich. Die Foraminiferen vorwaltend nur kaum $^1/_3$ mm grofs. Ein Exemplar von *Alveolina melo* d'Orb. ist das gröfste Stück. Bestimmen liefsen sich:

Nodosaria irregularis d'Orb. (zwei Glieder).
Nonionina communis d'Orb.
„ *bulloides* d'Orb.
Spirolina agglutinans d'Orb. (ein Bruchstück).
Pulvinulina kalembergensis d'Orb. und mehrere unbestimmbare Arten.
Globigerina bulloides d'Orb.
Bulimina pyrula d'Orb.
Uvigerina asperula Cz.
„ *pygmaea* d'Orb.
Sphaeroidina austriaca d'Orb.
Triloculina sp.

Aufserdem fanden sich einige zarte, 1—2 mm lange, feine zylindrische Stäbchen, zwei davon wie aus Fasern geflochten, mit Längsreihen von feinen Lücken, mit feinem mittleren Hohlraum (Stacheln von ***Bryssopsis***).

430—470 m. „Grauer Tegel". Ähnlich dem vorhergehenden, sehr feinschlammig, zur rundknolligen Ballung geneigt. Im Schlämmrückstande neben feinem Quarzsand Muscheltrümmerchen, viele Kiesknöllchen und eine Unmenge von meist kleinen Foraminiferen, vor allem fallen viele Rotaliden und Milioliden auf. Bestimmen konnte ich:

Nonionina bulloides d'Orb.
„ *Soldanii* d'Orb.
Truncatulina Ungerana d'Orb.
Bulimina pupoides d'Orb.
„ *Buchana* d'Orb.
Uvigerina aff. *urnula* d'Orb.
Uvigerina semiornata d'Orb.
Clavulina communis d'Orb.
Guttulina austriaca d'Orb.
Sphaeroidina austriaca d'Orb.
Triloculina inflata d'Orb.
Quinqueloculina Aknerana d'Orb.

470—500 m. „Grauer Tegel". Wie der vorige, nur in kleineren runden Ballen. Auch der Schlämmrückstand ganz ähnlich. Unter den zahlreichen Foraminiferen auch viele Textularien und Plecanien.

Glandulina ovula d'Orb.
Nonionina Soldanii d'Orb.
Truncatulina Dutemplei d'Orb. und andere Arten (h).
Bulimina Buchana d'Orb.
Uvigerina urnula d'Orb. (h).
„ *pygmaea* d'Orb. (h).
Guttulina austriaca d'Orb.
Globulina irregularis d'Orb.
Plecanium sp.
Textularia carinata d'Orb.
Triloculina cf. *inflata* d'Orb. (beschädigt).
Quinqueloculina foeda Rss. (etwas sandig).

Ein winziges Röhrchen, 1 mm lang (*Dentalium* sp.).

Aus 500 m Tiefe schlämmte ich eine gröfsere Tegelmenge. Die erste mir zugegangene Probe. Es ergab sich eine grofse Menge dunkelfarbigen Sandes mit Unmengen von Foraminiferen und anderem Kleinzeug. Die dunkle Färbung des Schlämmaterials wird vornehmlich durch die vielen kleinen Lignitbröckchen bedingt.

Orbulina universa d'Orb.
Glandulina laevigata d'Orb. 1 Ex.
Nodosaria (Dentalina) Adolphina d'Orb. sp. 1 Ex.
Nodosaria (Dentalina) cf. *guttifera* d'Orb. sp.
Nodosaria sp., nur zwei Kammern, cf. *N. semirugosa* d'Orb.
Nodosaria elegans d'Orb., nur zwei glatte grofse Kammern.
Dentalina consobrina d'Orb. 1 Ex.
Dentalina Bouéana d'Orb.
Cristellaria cf. *Josephina* d'Orb. (sehr klein).
Globigerina bulloides d'Orb. 5 Ex.
„ cf. *triloba* Rss. 2 Ex.
„ *quadrilobata* d'Orb. 1 Ex.
Truncatulina cf. *Haidingeri* d'Orb. sp. 2 Ex.
Truncatulina aff. *Ungerana* d'Orb. 1 Ex.
Truncatulina Dutemplei d'Orb. sp. 5 Ex.
Discorbina complanata d'Orb. sp. 1 Ex.
Anomalina austriaca d'Orb. 1 Ex.
Pulvinulina Kalembergensis d'Orb. sp. 5 Ex.
Pulvinulina Partschana d'Orb. sp. 1 Ex.
Robulina simplex d'Orb.
Nonionina Soldanii d'Orb. 2 Ex.
Alveolina Haueri d'Orb. 1 Ex.
Clavulina communis d'Orb. 1 Ex.
Guttulina austriaca d'Orb. 5 Ex.
„ *problema* d'Orb., winziges Exemplar.
Uvigerina aff. *urnula* d'Orb. (n. f.?), ganz glatt.
Uvigerina cf. *pygmaea* d'Orb. (h.).
„ *asperula* Cz. 1 Ex.
Bulimina cf. *elongata* d'Orb.
Bulimina aff. *Buchana* d'Orb. (glatte n. f.).
Bulimina pupoides d'Orb. 1 Ex.
„ *pyrula* d'Orb. 1 Ex.
Polymorphina oblonga d'Orb. 2 Ex.
Textularia carinata d'Orb. (h.).
Sphaeroidina austriaca d'Orb. 7 Ex.
Spiroloculina sp. (cf. *Sp. Badensis* d'Orb.)
Biloculina contraria d'Orb. 1 Ex.
Triloculina sp. 1 Ex. (n. f.?).
Quinqueloculina Aknerana d'Orb. 3 Ex.
Quinqueloculina triangularis d'Orb. 4 Ex.
Quinqueloculina cf. *Haueri* d'Orb. 1 Ex. (n. f.?)
Quinqueloculina foeda Rss.
Quinqueloculina Josephina d'Orb. 2 Ex.
Adelosina (Quinquel. juv.) pulchella d'Orb. 1 Ex.
Brissopsis sp. Warzentäfelchen und Stacheln (n. s.).
Ostrea (?). Brut-Ex.

Turbonilla sp. (n. f.), zwei Formen.
Bulla truncata Adams. 1 Ex.
Monodonta ? 1 Ex.
Cypridina cf. *hystrix* Rss. (n. f.?). Nur ein Ex. mit beiden Klappen.

500—514.6 m. Diese Probe könnte aus dem „sandigen Tegel mit Muscheln" aus 513.8 m stammen. Viel gröberer und mittelfeiner Sand als Schlämmrest. Zur Ballung in flache ellipsoidische Knollen geneigt. Eine Fülle von Foraminiferen. Auf dem Millimetersiebe erhielt ich neben einem Schälchen von *Amphistegina Haueri* d'Orb., Bruchstücke eines gerippten *Pecten* und von *Venus*, perlmutterglänzende Stückchen einer *Nucula* (auch mit den charakteristischen Schlofszähnchen). Ein Bruchstück von *Corbula* cf. *carinata* Duj., Stücke von *Turritella* cf. *Archimedis* Brongn., *Cerithium (Bittium)*, ähnlich dem *C. scabrum* Olivi, nur etwas weniger spitz (mit etwas gröfserem Schalenwinkel), mehrere Bruchstücke eines kleinen *Dentalium*. Nur ein gut erhaltenes, etwa 6.5 mm langes, bogig gekrümmtes Stück, das ich mit *Dentalium incurvum* Rss. vergleiche, dem es sehr ähnlich ist, nur ist die kreisrunde Mündung etwas eingeschnürt.

Das auffallendste Stück ist ein 2 mm langes, scharf dreikantiges Foraminiferenschälchen (ganz von der Form einer Rotbuchenfrucht). Die drei Flächen sind sanft, muldig vertieft. Ich kann dieses Schälchen nur mit *Triloculina triangularis* d'Orb. (Vienne: Taf. XXI fig. 57) in Vergleich bringen, eine Form, die d'Orbigny nur an Südpatagonien bekannt war, welches jedoch keine vertieften Flächen aufweist und eine weiter von der Randkante abstehende Kammergrenzlinie besitzt. Die *Triloculina tricarinata* d'Orb. (im Roten Meere lebend), welche Reuss aus dem Salzton von Wieliczka beschreibt (1867. S. 55 Taf. II fig. 4) und von der er angibt, sie sei „im Wienerbecken bisher noch nicht beobachtet worden", dürfte eine nahe verwandte, aber viel kleinere Form, mit viel weiterem Saume sein. — Ich will diese auffallende Form als *Triloculina liesingensis* n. sp. bezeichnen.

Auf dem 0.25 mm Siebe fand ich in feinem Sande folgende Arten:

Glandulina laevigata d'Orb. — *abbreviata* Neug., mehrere Stückchen.
Glandulina, zwei weitere neue Formen, eine zwei- und eine dreikammerige (cf. *Psecadium Nussdorfensis* Karr.).

Dentalina trichotoma Rss. Ein sehr vollständiges Exemplar.
Alveolina melo d'Orb.
Nonionina communis d'Orb.
Rotalinideen, verschiedene Arten (h. h.).
Bulimina cf. *Buchana* d'Orb., alle Kammern sind glatt.
Uvigerina asperula Cz.
„ *brunnensis* Karrer.
„ *spec.* (n. f.?).
Clavulina communis d'Orb. (h.)
Guttulina austriaca d'Orb. (h.)
Textularia carinata d'Orb. (h.)
Plecanium gramen d'Orb.
Plecanium subangulata d'Orb.
Spiroloculina sp. oder *Triloculina foeda* Rss. (kieselig).
Biloculina cf. *simplex* d'Orb. (n. f.?), nur ein Exemplar.
Triloculina, verschiedene Formen.
Quinqueloculina Josephina d'Orb. (h.)
Quinqueloculina Ungerana d'Orb.
„ „ *Schreibersi* d'Orb.
„ „ verschied. Formen (h. h.)
Sphaeroidina austriaca d'Orb. (Rss.) h.

Erwähnt sei auch ein halbes Scheibchen, welches sich den von Reuss (Denkschriften 1849 Taf. XLVI fig. 19—21) als *Operculina* beschriebenen Formen anschliefsen dürfte. Eine vollkommen evolute, glatte Form, mit halbmondförmigem Querschnitte der Umgänge und mit gerundeter Aufsenseite. Jedenfalls etwas neues.

Aufserdem fanden sich einige winzige Täfelchen eines Echiniden mit durchbohrten Wärzchen, die randliche Strahlen aufweisen und unregelmäfsig gestellte winzige Pusteln. Winzige, röhrig-faserige Stäbchen, mit Längsreihen von gröfseren und kleineren Lücken, konnte ich anfänglich nicht sicher deuten, ich dachte aber an kleine Echiniden Borsten.[1]) Von Gastropoden liegen mir viele kleine Cerithien (*Bittium*) vor und ein winziges Schälchen von *Marginella* cf. *miliacea* Lam. mit drei Fältchen an der Spindel und am oberen Ende etwas aufgeblähter Schale (1 mm lang).

Von *Otolithen*[2]) liegen mir aus dieser Tiefe vier Stückchen vor.

[1]) Die Täfelchen aus anderen Horizonten mit den gedrängt und in Reihen angeordneten Warzen und an einem Stücke eine Zone mit feiner Körnelung (Fasciole), sowie die borstenförmigen zarten Stacheln lassen mich kaum bezweifeln, dafs bei diesen Fundstücken an *Brissopsis ottnangensis* R. Hörnes (Jb. 1875, S. 388 Taf. XV) zu denken sei.

[2]) Herr Dr. R. F. Schubert hat dieselben bestimmt: als *Scopelus austriacus* Pr. (1 Stück) und *Hymenocephalus labiatus* Sch. (3 Stücke).

514.6—529.6 m. „Grauer Tegel“, zur Bildung von ellipsoidischen Ballen geneigt. Wenig Schlämmrückstände. Gröbere und feinere Körnchen (Sandstein und Kalkspat, auch Quarz). Von Foraminiferen viele Rotalideen, Miliolideen usw.

529.6—530.7 m. „Sandiger grauer Tegel“. Es sind vornehmlich sandige Sedimente, und zwar sowohl sehr feine als auch gröbere, mit etwas tonigem Bindemittel, hier und da ein Lignitbröckchen. In dem grobsandigen Material (1) viele teilweise recht gut erhaltene Schalenstücke von Gastropoden und Bivalven. So Bruchstücke von *Corbula* cf. *gibba* Olivi, von *Venus multilamella* Lam. und *Turritella subangulata* Brocc. — Aufserdem eine 2 mm grofse *Quinqueloculina* cf. *Schreibersi* d'Orb., *Dentalium*-Röhrchen und anderes.

Im feinen Sande (2) fanden sich verhältnismäfsig wenig Fossilreste:

Truncatulinen, Pulvinulinen und Rotalideen.
Quinqueloculina sp.
„ „ *Josephina* d'Orb.
Triloculina sp.
Clavulina communis d'Orb.
Textularia carinata d'Orb.
Alveolina melo d'Orb.
Kleine Exemplare von *Bittium* sp. etc.

Im feinsten Sande (3) bilden wohl $^1/_4$ der Mafse die kleinsten Foraminiferen, neben vielem hellen Quarzsand. In einer kleinen Schlämmprobe fanden sich:

Pulvinulina Haueri d'Orb., ein stark aufgeblähtes Exemplar.
Pulvinulina Kalembergensis d'Orb.
Clavulina communis d'Orb. 3 Ex.
Textularia carinata d'Orb. 2 Ex.
„ *articulata* d'Orb.
Uvigerinen: 3 Ex. Darunter *Uv.* cf. *brunnensis* Karr. und *Uv. urnula* d'Orb.
Quinqueloculina Aknerana d'Orb. 2 Ex.
Dentalina consobrina d'Orb. 1 Ex.
Cerithium (Bittium) sp. 1 Ex.
und einer der Borsten-Stacheln von *Brissopsis* (?)
Otolithus (*Scopelus*) *austriacus* Ko.

530.7—556.5. „Grauer Tegel“, ganz ähnlich wie jener zwischen 430—500 m, wieder die Neigung zur Bildung rundlicher Ballen. Im Schlämmrückstande Muschelzerreibsel, viele Lignitbröckchen. Bestimmen konnte ich:

Dentalina sp., Bruchstücke.
Nonionina communis d'Orb.
Truncatulina Dutemplei d'Orb. und viele andere Formen (h. h.).
Bulimina aff. *Buchana* d'Orb., auch die untersten Zellen nur punktiert (ohne Rippung).
Uvigerina urnula d'Orb.
Clavulina communis d'Orb.
Guttulina austriaca d'Orb.
Textularia carinata d'Orb. (h.)
„ (*Plecanium*) *Mariae* d'Orb.
Plecanium abbreviatum d'Orb.
Plecanium n. f., sehr schlank, mit gerundeten Seiten.
Plecanium, verschiedene Formen (h.).
Sphaeroidina austriaca d'Orb. 3 Ex.
Triloculina cf. *austriaca* d'Orb. (h.).
Quinqueloculina sp. cf. *Aknerana* d'Orb.
Quinqueloculina aff. *Dutemplei* d'Orb., viel feiner, längsgestreift.
Quinqueloculina nussdorfensis d'Orb.
Quinqueloculina Josephina d'Orb.
Adelosina pulchella d'Orb. (1 St.)

Brissopsis-Tafelstückchen mit zwei Warzen, die Unterseite ist porös. Stacheln liegen mehrere vor, meist 1—2 mm lang, darunter solche mit kräftigen Köpfchen. Eine zweite Stachelform ist gleichfalls zylindrisch, aber derber, mit zwölf Längslinien im Umkreise.

Ein kleines zierliches Schälchen (4 mm lang) erinnert in der Skulptur an *Cardita dilecta* Smith (Challenger, Lamellibranch. Taf. XV), nur die Bezahnung ist etwas anders. *Cerithium (Bittium)* aff. *scabrum* Olivi.

Ein sehr kleines Schälchen mit grofser aufrechter Embryonalwindung und drei gerippten Umgängen (wie bei *Chemnitzia minima* Hörn), eine *Turbonilla*, wird wohl neu sein.

Ein in Brauneisen umgewandeltes, links gewundenes Schälchen, mit offenem Nabel und vier gerundeten Umgängen, ist wie jenes aus 310—341 m als *Spirialis valvatina* Rss. anzusprechen.

Dentalium sp., 1.5 mm lang. Otolithen (*Scopelus Kokeni* Proh.).

556.5—557.2 m. „Tegel hart, sandig, mit Muscheln". In der mir vorliegenden Probe fand ich nur unbestimmbare Muschelbröckchen, dafür aber einen grofsen Reichtum an Foraminiferen, Lignitbröckchen, spärliche Kiesknöllchen und vereinzelte Gipsplättchen.

Aus dem Schlämmrückstande konnte ich bestimmen:

Orbulina universa d'Orb. 7 Ex.
Glandulina abbreviata Neug. 4 Ex.
Dentalina guttifera d'Orb., nur zwei Kammern.
Dentalina cf. *acuta* d'Orb.
Nonionina cf. *granosa* d'Orb.
Rotalia, *Truncatulina*, *Pulvinulina* etc., mehrere Arten (h. h.).
Bulimina Buchana d'Orb. 7 Ex.
Bulimina sp., eine ähnliche glatte Form. 5 Ex.
Uvigerina Brunnensis Karr. (h.).
„ *asperula* Cz. 2 Ex.
„ *Orbignyana* Cz. 1 Ex.
„ *pygmaea* d'Orb.
„ *pygmaea-urnula* d'Orb.
Clavulina communis d'Orb. (h.).
Polymorphina (Guttulina) austriaca d'Orb. 6 Ex.
Polymorphina (Guttulina) problema d'Orb. 1 Ex.
Polymorphina tenera Karr. 1 Ex.
Virgulina Schreibersi Cz.
Textularia carinata d'Orb. 79 Ex., schlankere und gedrungenere Formen.
Plecanium Mariae d'Orb. 9 Ex.
Plecanium sp. (h.).
Spiroloculina n. f. Beiderseits stark vertieft, viele fast kreisförmige Kammern (die beiden äufsersten abgebrochen).
Triloculina sp. (h.).
Quinqueloculina Aknerana d'Orb. (h.).
Quinqueloc. Josephina d'Orb. 1 Ex.
Sphaeroidina austriaca d'Orb. (h.).
Adelosina sp. Ähnlich *A. pulchella* d'Orb. (fig. 25). Beide Seiten fast gleich, in der rundlichen Mündung kein Zahn bemerkbar. Glatt wie *A. laevigata* d'Orb.
Echiniden-*(Brissopsis-)* Stacheln.
Cerithium (Bittium) cf. *scabrum* Olivi (vielleicht neue Form) (h.).
Cerithium (Bittium) sp., mit zwei Knötchenspiralen.
Turbonilla cf. *plicatula* Brocc., 1 mm lang. 2 Ex.
Monodonta (?) sp. 3 winzige Ex.
Scalaria n. f., die letzten drei Windungen schräg ansteigend, sechs kräftige Rippen am Halbumgange, 1.9 mm lang. 1 Ex.
Otolithen (h.): *Scopelus austriacus* Ko. und *Kokeni* Proh.

In einer mir aus 557.2 m Tiefe zugegangenen Probe fanden sich aufser den in der vorhergehenden Probe enthaltenen noch die folgenden Arten:

Glandulina rotundata Rss. und *laevigata* d'Orb. 3 Ex.
Nodosaria sp., zwei grofse Zellen, ähnlich jenen von *Nod. Knihnitziana* Karr.

Dentalina in mehreren Formen. 11 Ex.
Nonionina cf. *Soldanii* d'Orb. 7 Ex.
„ *Bouéana* d'Orb. 1 Ex.
Cristellaria (Marginulina) aff. *spirulosa* Karr. Die älteren Zellen sind gerippt.
Truncatulina Dutemplei d'Orb. sp. (h.).
Truncatulina Schreibersi d'Orb. sp. 1 Ex.
Pulvinulina Partschana d'Orb. sp. (h.).
Pulvinulina Haueri d'Orb. sp. 1 Ex.
Polymorphina (Guttulina) austriaca d'Orb. 5 Ex.
Polymorphina cf. *depauperata* Rss., etwas aufgeblähter. 1 Ex.
Polymorphina leprosa Rss. 1 Ex.
Limopsis anomala Eichw., ein winziges (1 mm) Ex., mit nur zwei Schlofszähnen auf jeder Seite.
Adeorbis cf. *Woodi* Hörn. (1 mm), nur ein Ex. R. Hörnes bildet ein sehr ähnliches Stückchen von Ottnang ab. (Jb. 1875, Taf. X fig. 15.)

In der Tabelle wurden diese Formen der Fauna der Schichte 556.5—557.2 m beigefügt.

557.2—565.0 m. „Grauer Tegel". Sandiger Tegel, geballt. Im Schlämmrückstande Quarz, Kalkspat, Sand- und Kalksteinbröckchen, Lignitsplitter. Hier und da ein Gipsplättchen.

Nodosaria longiscata d'Orb. (2 mm).
„ cf. *spinicosta* d'Orb. 3 Ex. drei Kammern, 1 Ex. mit viel zarterer Rippung.
Glandulina cf. *abbreviata* Neug.
„ cf. *rotundata* Rss. 2 Ex.
Dentalina Bouéana d'Orb.
„ *elegans* d'Orb. 2 Ex.
Nonionina cf. *Soldanii* d'Orb., viel weniger aufgebläht, 3 Ex. mit offenem Nabel.
Truncatulina (Anomalina) rotula d'Orb. 1 Ex.
Truncatulina Dutemplei d'Orb. sp. (h.).
Rotalideen, verschiedene Formen (h).
Bulimina sp., wie *B. Buchana*, aber glatt und unten mehr aufgebläht, 1 Ex.
Uvigerina cf. *brunnensis* Karr. (n. f.?).
Uvigerina urnula d'Orb.
Clavulina communis d'Orb.
Alveolina Haueri d'Orb.
Polymorphina (Guttulina) austriaca (d'Orb.) Rss. 5 Ex.

Polymorphina (Guttulina) problema d'Orb. 1 Ex.

Textularia carinata d'Orb. (h.), schlanke u. gedrungene Formen.

Plecanium cf. *praelonga* Cz.

Plecanium sp., gekrümmt, sehr schmal (cf. *Gaudryina pupoides* d'Orb.).

Quinqueloculina Josephina d'Orb. 4 Ex.

Quinqueloculina cf. *Ungerana* d'Orb. (1.6 mm lang, also viel gröfser, mit gerundeten Seitenkanten).

Quinqueloculina Aknerana d'Orb. 3 Ex.

Quinqueloculina cf. *foeda* Rss. (wie sandig).

Quinqueloculina (Adelosina) pulchella d'Orb.

Quinqueloculina (Adelosina) n. f., kreisrund, 1 Ex.

Sphaeroidina austriaca d'Orb. 5 Ex.

Warzentafeln und Stacheln von *Brissopsis.*

Ein fast vollständiges Stückchen bestimmte Adj. Dr. J. Porsche als cf. *Circe minima* Mont.

Cerithium (Bittium) sp., Form mit zwei Knötchenspiralen.

Cerithium (Bittium) spina Partsch.

Turbonilla n. f. (cf. *T. pusilla* Phil.), sehr schlank, mit hübschem Embryonalumgang, 1.8 mm lang. Vollkommenes Exemplar.

Turbonilla (Chemnitzia) cf. *Reussi* Hörnes.

Turbonilla (Chemnitzia) cf. *Reussi*, n. f. (?) Gedrungen, mit einer Spindelfalte („Zahn"), Spirallinien über den Rippen.

Aufserdem zwei unbestimmbare Schneckenschälchen.

Cypridina n. f. (cf. *C. clathrata* Rss. und *hystrix* Rss.), vollständiges Exemplar.

Otolithus (*Scopelus* cf. *mediterraneus* Ko.)

In einer Probe aus 561 m Tiefe liegen mir aufser den in der offiziellen Probe enthaltenen Formen die folgenden vor:

Orbulina universa d'Orb. 11 Ex.

Globigerina bulloides d'Orb. 2 Ex.

Glandulina sp. cf. *rotundata* Rss. 1 Ex.

Lagena (Oolina) n. f. cf. *L. marginata* Rss. 1 Ex.

Nonionina Bouéana d'Orb. 2 Ex.

Pulvinulina Partschana d'Orb. sp. 2 Ex.

Bulimina pyrula d'Orb. 1 Ex.

Bulimina Buchana d'Orb. 3 Ex.

Uvigerina, verschiedene Formen. 16 Ex.

Plecanium Mariae d'Orb. sp. 4 Ex.

Biloculina lunula d'Orb. 1 Ex.
Quinqueloculina Haidingeri d'Orb. 3 Ex.
Quinqueloculina Schreibersi d'Orb. 1 Ex.
Corbis gibba Olivi. 1 Ex.

R. J. Schubert bestimmte acht Otolithen als: *Scopelus* cf. *pulcher* Proh., *austriacus* Ko., *Kokeni* Proh., *Hymenocephalus labiatus* Schub. (Fragment) und *Gonostoma* (?) spec.

In der Tabelle unter 557.2—565 m eingetragen.

565—576.8 m. „Grauer Tegel". Sandig. In den Schlämmresten gröbere und feinere Sandkörner, Quarz, Kalkspat, vereinzelte Glimmerblättchen, Muschelbruchstücke. Ziemlich viele Foraminiferen.

Orbulina universa d'Orb. 8 Ex.
Glandulina laevigata d'Orb.
„ *rotundata* Rss. 2 Ex.
Nodosaria bacillum d'Orb. (nur ein Bruchstück).
Nodosaria irregularis d'Orb.
Dentalina scabra Rss.
„ *Bouéana* d'Orb.
„ sp.
Nonionina, verschiedene Arten (h).
Alveolina melo d'Orb. 1 Ex.
Truncatulina Dutemplei d'Orb. 5 Ex.
Rotalia Soldanii d'Orb. 1 Ex.
„ verschiedene Arten (h. h.).
Globigerina bulloides d'Orb. 1 Ex.
Bulimina Buchana (d'Orb.) Rss. (Wieliczka, Taf. IV, fig. 10).
Bulimina aff. *Buchana* d'Orb., die Form stimmt überein, aber glatt (h.).
Uvigerina cf. *Brunnensis* Karr.
Uvigerina cf. *pygmaea* d'Orb. (schlankere Form).
Bulimina u. *Uvigerina* in mehreren Formen (h.).
Clavulina communis d'Orb. (h.).
Polymorphina (Guttulina) austriaca d'Orb.
Globulina irregularis d'Orb.
Polymorphina leprosa Rss. (Wieliczka, Salzton s. s.), ein gutes Ex.
Textularia carinata d'Orb. (h. h.).
Plecanium Mariae d'Orb. 7 Ex.
„ *articulata* d'Orb. 2 Ex.
„ *gramen* d'Orb. 1 Ex.
Triloculina sp.
Sphaeroidina austriaca d'Orb. (h.).
Quinquelocul. Aknerana d'Orb. (h.).
Quinqueloculina Josephina d'Orb.
„ kleine Arten (h.).
Spitze einer Krebsschere.
Otolithen. 8 Ex. *Scopelus Kokeni* Proh. und *austriacus* Ko.

576.8 m. Von der Sohle des Bohrloches aus „grauem Tegel“ ziemlich viel gröberer Sand mit Schalenbröckchen. Gröfsere Kalkstein- und Sandstein-Stückchen, Pyritknollen, Brauneisen-Knöllchen, Lignitspitter. Dieselben Formen wie oben, doch fanden sich auch:

Nodosaria cf. *spinicosta* d'Orb.
Polymorphina cf. *oblonga* d'Orb.
Quinqueloculina foeda Rss.

576.8—585 m. „Grauer Tegel“. Sehr feinschlammiges Material. Im Schlämmrückstande feine und gröbere Sandkörnchen, viel Quarz, auch Kalkspatrollstückchen, Kiesbröckchen, Sandstein- und Kalkbröckchen, Lignitsplitter, Muschelbruchstücke. Foraminiferen weniger häufig und vorwaltend ganz kleine Formen ($^1/_3$—$^1/_2$ mm). Ich fand:

Orbulina universa d'Orb. 1 Ex.
Oolina cf. *clavata* d'Orb.
Glandulina laevigata d'Orb. 1 Ex.
Nonionina communis d'Orb. 1 Ex.
Truncatulina Dutemplei d'Orb. 3 Ex.
Rotalidae div. winzige Arten. 7 Ex.
Globigerina bulloides d'Orb.
Bulimina Buchana d'Orb. 1 Ex.
Bulimina cf. *ovata* d'Orb. (an der Spitze etwas gekrümmt).
Bulimina aculeata Rss. 1 Ex.
Uvigerina pygmaea d'Orb. 7 schlanke Ex.
Uvigerina asperula Cz.
„ *Brunnensis* Karr. 2 Ex.
Clavulina communis d'Orb. 3 Bruchstücke.
Guttulina oblonga d'Orb. 1 Ex.
Plecanium Mariae d'Orb. 3 Ex.
Triloculina cf. *scapha* d'Orb. 1 rundlich aufgeblähtes Ex.
Sphaeroidina austriaca d'Orb. 1 Ex.
Quinqueloculina Aknerana d'Orb. 4 Ex.
Eine Warze von *Brissopsis*.
Ein Mundrandstückchen einer kleinen *Cypraea*.

Die *Otolithen* war Herr Dr. Schubert so gütig zu bestimmen als:

Scopelus austriacus Kok.
Scopelus Kokeni Pr. und
Hymenocephalus (?) aff. *labiatus* Schub.

In einer Schlämmprobe aus 577 m Tiefe hat, wie mir Herr Dr. W. Petrascheck mitteilte, Herr Dr. Schubert einen Otolithen als *Phycis tenuis* Kok. bestimmt.

Aus 580 m erhielt ich eine Probe eines sandigen Materials, das Herrn Dr. W. Petrascheck zugesendet worden war. Beim Auswaschen ergab sich ein gröberer Sand: vorwiegend feinkörniger grauer Sandstein mit kalkigem Bindemittel, aber auch Dolomit und Kalksteinchen, neben spärlichen Quarzbröckchen und gerollten Calciten (Gang-Calcit?). Ziemlich viel Lignitsplitter und Muschelbruchstücke. Kiesknöllchen nicht selten. Viele Foraminiferen.

Orbulina universa d'Orb. 1 Ex.
Globigerina bulloides d'Orb. 4 Ex.
Glandulina rotundata Rss. 1 Ex.
„ *abbreviata* Neug. 1 Ex.
Nodosaria Adolphina d'Orb. sp. 3 Ex.
Nodosaria (Dentalina) consobrina d'Orb. 2 Ex.
Nonionina Soldanii d'Orb. 6 Ex.
„ *Bouéana* d'Orb.
Truncatulina Dutemplei d'Orb. sp. 3 Ex.
Pulvinulina Partschana d'Orb. sp. 3 Ex.
Anomalina austriaca d'Orb. 1 Ex.
„ *badensis* d'Orb. 2 Ex.
Robulina similis d'Orb. 1 Ex.
Rotalidae, verschiedene Formen (h.).
Bulimina Buchana d'Orb. 2 Ex.
Uvigerina pygmaea d'Orb. (h).
„ *asperula* Cz. 9 Ex.
„ cf. *brunnensis* Karr. 1 Ex.
„ sp. (glatte Form).
Clavulina communis d'Orb. 7 Ex.
Polymorphina compressa d'Orb. sp. 1 Ex.
Polymorphina austriaca d'Orb. sp. 5 Ex.
Textularia carinata d'Orb. (h.).
Plecanium Mariae d'Orb. sp. (h.).
Sphaeroidina austriaca d'Orb. (h).
Spiroloculina circularis n. f., fast kreisrund, mit glänzender kugeliger Embryonalzelle.
Biloculina clypeata d'Orb. 1 Ex.
„ *lunula* d'Orb. 1 Ex.
Quinqueloculina cf. *Haidingeri* d'Orb. (bis 3 mm im Durchmesser).
Quinqueloculina Aknerana d'Orb. 3 Ex.
Quinqueloculina foeda Rss.
Quinqueloculina Josephina d'Orb. 3 Ex.
Quinqueloculina Schreibersi d'Orb. 1 Ex.
Quinqueloculina (Adelosina) pulchella. 4 Ex.
Quinqueloculina, viele sehr kleine Formen.
Stacheln und Warzentäfelchen von *Brissopsis.*

Pecten sp. ind. (innen und aufsen glatt, mit leichten Anwachslinien).
Turbonilla pygmaea Grat.
„ cf. *pusilla* Phil. 5 Ex.
Cerithium (Bittium) scabrum Olivi. 1 Ex.
Cypridina cf. *hystrix* Rss., nur ein Bruchstück.
Otolithus 10 Ex., darunter eine sehr grofse Form.

Dr. R. J. Schubert bestimmte: *Scopelus austriacus* Ko., *Kokeni* Proch., cf. *pulcher* Proch., Fragment eines Gadiden.

585—588.1 m. „Tegel mit Sandlassen und Muscheln". Mir liegt als Bohrprobe ein feines und grobes Sandgemenge vor. Muschelbröckchen selten. Das auffallendste Stück meiner Auslese ist ein kleines Kopfbruststück einer Krabbe, welche mich durch den rechterseits besser erhaltenen gezackten Rand an *Microdium nodulosum* Rss. aus dem Salzton von Wieliczka erinnerte, von dem es sich jedoch mehrfach unterscheidet. Der Cephalothorax ist 10.6 mm breit und 6.3 mm lang. Der rechte Rand blieb dadurch erhalten, dafs an der Unterseite der rechte Scherenfufs mit dem Hüftgliede und dem kräftigen Meropodit haften blieb, während es auf der linken Seite abgebrochen ist, wodurch aber einer der lang und schmal gebauten Kaufüfse entblöfst wurde. Auch die breite Querplatte (Endo- und Epistoma) ist gut erhalten.

An der Oberseite verläuft eine Mittelfurche, die gegen den Oberrand zwei flache Furchen bildet, welche einen kräftigen Mittelhöcker umfassen. Auch auf der rechten Seite erhebt sich ein solcher Höcker, der wie der Mittelhöcker kräftig bedornt gewesen sein dürfte. Auch nahe dem Hinterrande steht rechts ein kräftiger Höcker, und etwas weniger kräftig, vielleicht fünf an der Zahl, stehen am gezackten Seitenrande. In gröfserer Zahl bedeckten ganz kleine und gröfsere Dornen die Oberfläche. Das grofse Fufsglied ist ungemein kräftig, bis 4 mm breit und über 2 mm dick. Die Unterseite ist leider stark gescheuert, läfst jedoch erkennen, dafs sie mit zahlreichen Dörnchen, ohne Regelmäfsigkeit in der Anordnung, bedeckt war. Werde bei einer späteren Gelegenheit auf das hübsche Stückchen zurückkommen. Jetzt will ich es vorerst nur mit dem Namen *Cancer* (?) *liesingensis* n. f.

festhalten. Welcher Untergattung es angehören mag, können nur Vergleichungen mit lebenden Formen lehren.

Von Foraminiferen las ich aus:

Orbulina universa d'Orb. 4 Ex.
Dentalina acuticosta Rss. 2 Bruchstücke.
Nodosaria (Dentalina) irregularis Rss. 3 Ex.
Nodosaria (Dentalina) elegans d'Orb. 3 Ex.
Nodosaria (Dentalina) Bouéana d'Orb. 1 Ex.
Nonionina communis d'Orb. 1 Ex.
Nonionina Soldanii d'Orb. 4 Ex.
Rotalideen, gröfsere und kleine Formen. 18 Ex.
Bulimina Buchana d'Orb. 1 Ex.
Bulimina cf. *ovata* d'Orb. (n. f.?), gedrungen und aufgebläht. 5 Ex.
Bulimina cf. *pupoides* d'Orb. 9 Ex.
Uvigerina asperula Cž. 3 Ex.
Uvigerina n. f. 1 Ex. mit zweiseitig angeordneten Kammern.
Uvigerina sp., glatte Formen (cf. *Uv. urnula* d'Orb.) 6 Ex.
Virgulina Schreibersi Cž. 1 Ex.
Clavulina communis d'Orb. 9 Ex.
Guttulina austriaca d'Orb. 2 Ex.
Textularia carinata d'Orb. 10 Ex.
Plecanium Mariae d'Orb. 5 Ex.
Quinqueloculina aff. *Haidingeri* d'Orb., 3 mm, fast kreisrund, mit Längsfurche.
Quinqueloculina Josephina d'Orb. 3 Ex.
Quinqueloculina Aknerana d'Orb.
„ *foeda* Rss.
Tri- und Quinqueloculinen, kleine Formen. 20 Ex.
Sphaeroidina austriaca (d'Orb.) Rss. 13 Ex.
Warzentäfelchen (4 Ex.) und Stacheln von *Brissopsis ottnangensis* R. Hörn.
Ein kleines Schälchen erinnert an *Diplodonta rotundata* Mtf.
Ein 0.8 mm grofses Brutschälchen mit glänzender Innenseite; dicke Schale mit Andeutungen von Grübchen am Stirnrande.
Dentalium sp. (sehr klein). 3 Ex.
Cypridina cf. *hystrix* Rss. 2 Ex.
Otolithen 4 Ex. (*Scopelus Kokeni* Proch.)

588 m. Aus einer besonderen Probe mit der Angabe 588 m, demselben Gemenge von gröberem und feinerem Sande, mit Muschelbröckchen, habe ich aufser Formen des vorhergehenden Verzeichnisses noch folgende Arten bestimmen können:

Cristellaria Josephina. 1 Ex.
Truncatulina Dutemplei d'Orb. 7 Ex.
Truncatulina aff. *Dutemplei* (n. f.?).
Pulvinulina cf. *Partschana* d'Orb. 1 Ex.
Nonionina Soldanii d'Orb. 8 Ex.
Bulimina sp. (n. f.?) 1 Ex.
Uvigerina urnula d'Orb. 5 Ex.
Uvigerina pygmaea d'Orb. 5 Ex.
Biloculina amphiconica Rss. (Ein sehr schönes Exemplar.)
Quinqueloculina Partschi d'Orb. 1 Ex.
Quinqueloculina aff. *Ungerana* d'Orb. 1 Ex.
Cytherina cf. *recta* Rss. 1 Schälchen.
Corbula gibba Olivi. 1 gute Schale.
Turbonilla pygmaea Grat.
Cassis cf. *Neumayeri* R. Hörn. juv., ein kleines, fast vollständiges Gehäuse, das auf den ersten Umgängen eine zarte Rippung erkennen läfst, was recht gut mit der Schlier-Art stimmen würde.
Otolithus (?), ein gröfseres Stück: *Gadus* cf. *elegans* Ko.

Wurde in der Tabelle den Ergebnissen der Probe aus 585—588.1 m Bohrtiefe beigefügt.

588.1—600 m. „Grauer Tegel". Reichliche Schlämmrückstände. Feinere und gröbere Sandkörner und Gesteinsbröckchen (Sand- und Kalksteinchen), Kiesstückchen, Gipsplättchen, Muschelbruchstückchen und Unmassen von Foraminiferen. Alle gröfseren Vorkommnisse stark beschädigt, nur die kleinsten Schälchen sind besser, zum Teile sogar sehr gut erhalten.

Ich habe folgende Formen herausgelesen:

Orbulina universa d'Orb. 6 Ex.
Nodosaria (Dentalina) elegans d'Orb. 5 Ex.
Nodosaria (Dentalina) Adolfina d'Orb. 1 Ex.
Robulina cf. *clypeiformis* d'Orb. 1 Ex., leider beschädigt, 2 mm Durchmesser.
Rotalidae, in verschied. Formen (h.).
Globigerina bulloides d'Orb. 1 Ex.
Globulina punctata d'Orb. 1 Ex.
Nonionina Soldanii d'Orb. 11 Ex.
Bigenerina cf. *agglutinans* d'Orb. Zwei Kammern einer gröfseren Form.
Bulimina cf. *ovata* d'Orb.
Uvigerina asperula Cž. 1 Ex.

Uvigerina pygmaea d'Orb. 6 Ex., schlanker als d'Orbigny's Abbildungen.
Uvigerina semiornata d'Orb.
Uvigerina aculeata d'Orb. 2 Ex.
„ *urnula* d'Orb.
„ *Brunnensis* Karr. 1 Ex.
„ sp., glatte Formen (n. f.).
Guttulina austriaca d'Orb. 4 Ex.
Polymorphina spec.
Textularia carinata d'Orb. (h.).
Plecanium Mariae d'Orb. (h.).
„ cf. *Partschi* d'Orb. 9 Ex.
„ *spinulosum* d'Orb. 5 Ex.
Sphaeroidina austriaca d'Orb. (h.).
Quinqueloculina Aknerana d'Orb. (h.).
Quinqueloculina aff. *Bronnana* d'Orb.
Quinqueloculina Schreibersi d'Orb.
„ verschiedene, meist sehr kleine Formen (h.).
Adelosina (Quinqueloculina) pulchella d'Orb. 2 Ex.
Warzentafeln und Stacheln von *Brissopsis*.
Corbula gibba Olivi. 1 Ex., grofse Klappe.
Turbonilla aff. *Reussi* Hörn. sp., eine schlankere Form.
Dentalium cf. *Jani* Hörn., ein kleines quergestreiftes Röhrchenstück.
Dentalium incurvum Rss. 2 Ex.
Ein winziges Krebsscherenstück.
Otolithen.

600 m. Aus der zweiten mir zugegangenen Tegelprobe aus 600 m Tiefe erhielt ich beim Schlämmen einen sehr feinen Sand, der eine Unmasse von Foraminiferen enthält, zumeist ganz kleine Formen.

Orbulina universa d'Orb.
Nodosaria rudis d'Orb.
„ *bacillum* d'Orb. 2 Ex.
Nodosaria (Dentalina) elegans d'Orb. 4 Ex.
Nodosaria (Dentalina) Adolfina d'Orb. 3 Ex.
Nodosaria (Dentalina) consobrina d'Orb.
Nonionina communis d'Orb.
„ verschiedene Arten (h.).
Nonionina Soldanii d'Orb.
Truncatulina Dutemplei d'Orb. sp.
Truncatulina cf. *lobata* d'Orb.
Truncatulina Haidingeri d'Orb. sp.
Pulvinulina Partschana d'Orb. sp.
Anomalina badensis d'Orb.
Rotalideen, verschied. Formen (h.).
Globigerina bulloides d'Orb. 6 Ex.

Bulimina pupoides d'Orb.
Bulimina Buchana d'Orb.
Bulimina cf. *Buchana* d'Orb. (n. f.?).
Bulimina cf. *pyrula* d'Orb. (n. f.?)
Buliminen, verschiedene kleine Formen.
Uvigerina urnula d'Orb.
„ *pygmaea* d'Orb. (h.).
„ *asperula* d'Orb. 4 Ex.
„ n. f. (an *Uv. urnula* anschliefsend, ganz glatt).
Uvigerina, verschiedene Formen (h.).
Uvigerina pygmaea-aculeata d'Orb. (Zwischenform).
Clavulina communis d'Orb. 2 Ex.
Polymorphina (Guttulina) austriaca d'Orb.
Polymorphina compressa d'Orb.
Polymorphina oblonga d'Orb.
Textularia carinata d'Orb. (h.).
Plecanium Mariae d'Orb. sp. 7 Ex.
Plecanium abbreviatum d'Orb. sp. 5 Ex.
Plecanium, verschiedene Formen.
Quinqueloculina Aknerana d'Orb.
Quinqueloculina, verschied. Arten (h.).
Stacheln von *Brissopsis*.
Leda cf. *pusio* Phil.
Turbonilla sp. ind.
Otolithus.

Die Fauna des „Badener Tegels“ von Liesing.

Die Anordnung der Gattungen nach Zittel's „Grundzüge der Palaeontologie“, III. Auflage 1910.

Die mit + bezeichneten Arten sind in mäfsiger Anzahl vorhanden, die mit s bezeichneten sind selten, die mit h bezeichneten besonders häufige Vorkommnisse.

Die neuen und zweifelhaften Formen hoffe ich später eingehender bearbeiten zu können.

Nr.	Gattungen	Meter: 188—228.8	—241.05	243.5	—247.55	—248.9	—254.9	—273.1	—273.5	—310	—341	—350	—430	—470	—500	**500**	—514	—529.6	530.7	—556.5	—557.2	—565	—576.8	—585	—588.1	—600	**600**	Baden	Nussdorf	Wieliczka	Bemerkungen
1	*Spirolina (Haplophragmium) austriaca* d'Orb.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	
2	*Spirolina agglutinans* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	Chall. 0-3125 fd.
3	*Alveolina melo* d'Orb.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	+	.	+	.	.	.	+	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	s	+	s	Chall. 40 fd.
4	„ *Haueri* d'Orb.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	
5	*Spiroloculina* n. f. (cf. *Sp. badensis* d'Orb.)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	
6	*Spiroloculina circularis* n. f.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	
7	*Biloculina amphiconica* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	s	
8	„ cf. *simplex* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	s	h	s	
9	„ *lunula* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	s	.	s	
10	„ *clypeata* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	s	
11	„ *contraria* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	h	.	s	Chall. 40-1675 fd.
12	*Triloculina gibba* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	s	+	s	
13	„ *inflata* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	s	.	s	
14	„ *consobrina* d'Orb.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	s	h	.	
15	„ *scapha* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	s	.	
16	„ cf. *austriaca* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	
17	„ sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	.	+	.	h	+	.	+	h	.	.	.	.	.	
18	„ *liesingensis* n. f.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	?	*Tr. tricarinata* Rss. ist verwandt. — Chall. 18-675 fd.
19	*Quinqueloculina Haidingeri* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	.	.	s	.	+	
20	„ *Ungerana* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	h	.	+	
21	„ *Aknerana* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	+	.	.	+	+	h	+	h	+	+	h	+	+	.	s	
22	„ cf. *Hauerina* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	s	
23	„ cf. *triangularis* d'Orb. (n.f.?)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	
24	„ *Bronnana* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	
25	„ *nussdorfensis* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	s	.	
26	„ cf *Dutemplei* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	s	+	.	

Nr.	Gattungen	Meter: 188	228.8	—241.05	—243.5	—247.55	—248.9	—254.9	—273.1	—273.5	—310	—311	—350	—430	—470	—500	**500**	—514	—529.6	—530.7	—550.5	—557.2	—565	—576.8	—585	—588.1	—600	**600**	Baden	Nussdorf	Wieliczka	Bemerkungen
27	*Quinqueloculina Schreibersi* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	+	.	+	.	+	.	h	.	s	
28	„ *Josephina* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.	+	s	
29	„ *foeda* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	+	.	.	.	.	+	+	+	+	.	.	h	.	s	
30	„ sp.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
(31)	„ sehr kleine Formen.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	h	.	.	.	
32	„ (*Adelosina*) *pulchella* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	+	.	+	.	+	.	+	+	.	Chall. 0-100 fd.
33	„ „ n. f.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	
34	*Lagena* (*Oolina*) cf. *clavata* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	s	.	s	
35	„ „ n. f. (cf. *L. marginata* Rss.)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	
36	*Nodosaria bacillum* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	.	.	
37	„ *rudis* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	s	
38	„ sp cf. *N. Knihnitziana* Karr.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Soos.
39	„ *Adolphina* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	h	.	h	
40	„ (*Dentalina*) *irregularis* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	+	.	s	
41	„ „ *elegans* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	+	h	h	+	Chall. 50-450 fd.
42	„ „ *longiscata* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+		
43	„ „ cf. *spinicosta* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	h	.	.		
44	„ „ *semirugosa* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.		
45	„ „ *Bouéana* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	+	.	+	.	+	+	s		
46	„ „ *consobrina* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.	+	.	.	+	+	.	s	Chall. 150-390 fd.	
47	*Dentalina guttifera* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.		
48	„ *trichostoma* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Möllersdorf.
49	„ cf. *acuta* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.		
50	„ *acuticosta* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.		
51	„ *scabra* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	.	.		
52	„ sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.		
53	*Cristellaria* cf. *Josephina* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	s	h	.		
54	„ aff. *spirulosa* Karr.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.		
55	*Robulina simplex* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	Chall. 150-1990 fd.	
56	„ cf. *Clypeiformis* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.		
57	„ *similis* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	s	.	.		
58	*Glandulina laevigata* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	+	+	.	+	+	+	+	+	Chall. 50-1375 fd.
59	„ *ovula* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	s	.	
60	„ *rotundata* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	Grinzing.
61	„ cf. *abbreviata* Neug.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	Ober-Lapugy.
62	„ *laevigata* d'Orb. = *abbreviata* Neug.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
63	*Polymorphina oblonga* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	+	+	.	+	+	+	+	s	Chall. 0-2050 fd.
64	„ cf. *amoena* Karr.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
65	„ *depauperata* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	s	
66	„ *tenera* Karr.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Kostej.
67	„ *leprosa* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	s	
68	„ *compressa* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	+	.	Chall. 390 fd.
69	„ (*Guttulina*) *austriaca* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	.	.	+	+	+	+	+	+	.	+	+	+	.		
70	„ „ *problema* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	s	+	s	Chall. -155 fd.	
71	„ (*Globulina*) *punctata* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	

Nr.	Gattungen	Meter: 188—228,8	—241,05	— 245,5	— 247,55	— 248,9	— 251,9	— 273,1	— 275,5	— 310	— 341	— 350	— 430	— 470	— 500	**500**	— 514	— 529,6	— 530,7	— 556,5	— 557,2	— 565	— 570,8	— 586	— 588,1	— 600	**600**	Baden	Nussdorf	Wieliczka	Bemerkungen
72	*Polymorphina (Globulina) irregularis* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	+	.		
73	*Uvigerina pygmaea* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	+	.	.	.	.	+	.	+	h	+	+	.	h	h	+	Chall. 2-2609 fd.
74	„ *urnula* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	h	.	.	.	+	+	.	+	.	.	+	+	+	s	.	h	Chall. 40-1900 fd.
75	„ cf. *urnula* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	s	.	.	
76	„ *semiornata* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	s	
77	„ *asperula* Cž.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	+	+	.	.	.	+	.	.	+	+	+	+	h	.	h	Chall. 37-2600 fd.
78	„ *Orbignyana* Cž.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	
79	„ *cochlearis* Karr.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Brunnen in Mödling
80	„ *brunnensis* Karr.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	h	+	+	+	.	+	.	.	.	.	Brunn a. Geb.
81	„ *liesingensis* n. f.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
82	„ n. f.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	+	.	.	.	+	.	+	+	+	+	+	.	.	.	
(83)	„ verschiedene Formen.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	h	h	.	.	+	h	s	.	.	Vöslau.
84	*Textularia carinata* d'Orb.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	h	+	.	+	h	h	+	h	h	h	h	h	+	h	h	Chall. 95 fd.
85	„ *Bronnana* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	s	
86	*Plecanium abbreviatum* d'Orb. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	
87	„ *gramen* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	h	.	s	Chall. 18-675 fd.
88	„ *Mariae* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	h	+	h	+	h	.	h	
89	„ *spinulosum* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	s	
90	„ cf. *Partschi* Cž.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	
91	„ cf. *praelonga* Cž.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	
92	„ *articulata* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	h	.	.	
93	„ *subungulatum* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	h	s	
94	„ n. f.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	
(95)	„ verschiedene Formen.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	h	h	.	.	.	.	.	+	.	.	.	
96	*Bigenerina* cf. *agglutinans* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	.	Chall. 25-155 fd. (-1630 fd.)
97	*Clavulina communis* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	.	+	+	+	+	h	+	+	.	+	+	h	h	Chall. 345-1950 fd. (40-2300 fd.)
98	*Bulimina elongata* d'Orb.	+	.	.	+	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	s	h	
99	„ *pupoides* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	s	s	s	Chall. 410 fd.
100	„ cf. *ovata* d'Orb.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	s	h	s	
101	„ *pyrula* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	+	+	.	s	Chall. 150-420 fd.
102	„ *Buchana* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	+	+	+	.	.	+	+	+	+	+	+	+	.	+	+	h	Chall. 90-2375 fd.
103	„ *aculeata* d'Orb.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	s	+	+	Chall. 150 675 fd.
104	„ zwei neue Formen.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	
105																															
(106)	„ verschiedene Formen.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	h	.	.	.	h	.	.	.	
107	*Virgulina Schreibersi* Cž.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	+	.	+	Chall. 420-5125 fd.
108	*Orbulina universa* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	.	s	Chall. 40-3125 fd.
109	*Globigerina bulloides* d'Orb.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	h	+	h	Chall. 18-3125 fd.
110	„ *quadrilobata* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	s	s	.	
111	„ cf. *triloba* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	h	.	s	
112	*Sphaeroidina austriaca* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	h	.	.	+	+	+	h	h	h	h	.	+	h	h	Chall. 30-2600 fd.
113	*Discorbina complanata* d'Orb. sp.	.	.	.	.	.	.	.	?	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	s	
114	*Truncatulina* cf. *lobatula* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	h	+	Chall. 18-2425 fd.
115	„ *Ungerana* d'Orb. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	h	Chall. 420-2425 fd.

Nr.	Gattungen	Meter: 188	228.8	211.65	213.6	217.55	248.9	254.9	273.1	273.5	310	341	350	430	470	500	**500**	514	529.6	530.7	556.5	557.2	605	570.8	585	588.1	600	**600**	Baden	Nussdorf	Wielitzka	Bemerkungen
116	*Tuncatulina* aff. *Ungerana* d'Orb. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	
117	„ *Dutemplei* d'Orb. sp.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	+	+	+	.	.	.	h	h	+	+	+	+	.	+	+	h	+	
118	„ *Haidingeri* d'Orb. sp.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	s	
119	„ *Aknerana* d'Orb. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	Chall. 18-675 fd.
120	„ *Schreibersi* d'Orb. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	h	h	.	Chall. 150-1990 fd.
(121)	„ verschiedene Formen.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	h	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
122	*Anomalina rotula* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	
123	„ *badensis* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	.	.	
124	„ *austriaca* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	s	.	
125	*Rotalia Soldanii* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	s	Chall. 150-2425 fd.
126	„ cf. *patella* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Kostel.
127	*Pulvinulina Haueri* d'Orb. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	s	Chall. 410-420 fd.
128	„ *kalembergensis* d'Orb. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	h	s	
129	„ *Partschana* d'Orb. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	h	+	.	+	+	.	+	h	h	h	Chall. 150-2425 fd.
(130)	„ verschiedene Formen.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	h	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
(131)	*Rotalidae*, verschiedene Formen.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	h	+	.	.	h	h	h	h	+	h	h	.	.	.	
132	*Amphistegina* cf. *Haueri* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	h	s	
133	*Polystomella crispa* Lam.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	h	Chall. 18-365 fd.
134	„ cf. *Listeri* d'Orb.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	s	.	.	
135	*Nonionina communis* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	+	s	+	s	
136	„ *Bouéana* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	+	.	.	.	+	.	Chall. (S. 729) 7-200 fd.
137	„ *Soldanii* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	+	+	.	+	+	+	+	+	+	h	Chall. (S. 726) 80-3125 fd.
138	„ *bulloides* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	
139	„ cf. *granosa* d'Orb.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	.	
(140)	„ verschiedene Formen.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	h	.	.	.	h	.	.	.	
		5	.	.	5	2	5	1	11	13	16	7	17	12	13	44	24	1	14	20	44	37	37	44	37	31	35	84	60	65	
141	*Brissopsis ottnangensis* R. Hörn.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	+	+	+	.	+	+	+	+	+	+	.	.	Ottnang - Walbersdorf.
142	*Crisia* aff. *Edwardsi* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	s	h	h	
143	*Idmonea subtubulosa* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Septarienton.
144	*Salicornaria* (*Cellaria*) sp. (n. f.?)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
145	*Pecten* sp. ind. (aufsen und innen glatt).	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	?	.	?	*Pecten denudatus* Rss.?
146	*Ostrea* sp. (Brut-Exemplar).	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
147	*Nucula* sp. ind.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
148	*Leda* cf. *pusio* Phil.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	
149	*Limopsis anomala* Eichw.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	s	
150	*Cardium* sp.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
151	*Diplodonta* aff. *apicalis* Ph.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	rezent. Livorno.
152	*Corbula* cf. *carinata* Duj.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	s	Gainfahrn.
153	„ *gibba* Olivi.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	+	+	.	+	.	s	
154	*Circe* cf. *minima* Montf.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	+	.	s	
155	*Venus* sp. ind.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
156	*Cytherea* sp. ind.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	

Nr.	Gattungen	Meter: 188—228,8	211,05	213,5	—217,55	218,9	254,9	273,1	273,5	310	311	—350	430	470	500	**500**	514	529,6	530,7	556,5	557,2	565	576,8	585	588,1	600	**600**	Baden	Nussdorf	Wieliczka	Bemerkungen
157	*Dentalium* cf. *incurvum*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	+	+	+	.	.	+	+	+	+	h	.	s	
158	„ cf. *Jani* Hörn.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	.	
159	*Trochus* cf. *patulus* Brocc.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Neudorf b. Theben.
160	„ *fanulum* Gmel.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Steinabrunn.
161	*Monodonta*?	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
162	*Adeorbis* cf. *Woodi* Hörn.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ottnang-Steinabr.
163	*Paludina* (*Amnicola*) Partschi Frfld.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	
164	*Scalaria* cf. *pumicea* Brocc. (n. f.?)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Steinabrunn.
165	*Turritella Archimedis* Brong.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	
166	„ cf. *turris* Bast.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	
167	„ *bicarinata* Eichw.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	
168	„ *subangulata* Brocc.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	
169	*Turbonilla pygmaea* Grat.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.	s	
170	„ *Reussi* Hörn. var.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	s	.	.	
171	„ cf. *pusilla* Phil.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	+	.	+	.	.	.	+	.	h	
172	*Cerithium* cf. *Bronni* Partsch.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	
173	„ (*Bittium*) *scabrum* Olivi.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	Steinabrunn.
174	„ „ aff. *scabrum* Olivi.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
175	„ „ *spina* Partsch.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	+	.	.	
176	*Cypraea* sp. ind.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	
177	*Cassis* cf. *Neumayeri* R. Hörn. (juv.)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	
178	*Buccinum costulatum* Brocc.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	
179	*Murex* sp. ind.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
180	*Fusus* sp. ind.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
181	*Marginella* cf. *miliacea* Lam.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Gainfährn.
182	*Voluta* cf. *taurinea* Bon.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	
183	*Columbella subulata* Bell.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	
184	*Pleurotoma* sp. ind.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
185	*Bulla truncata* Adams.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	s	.	s	
186	*Spirialis valvatina* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	
187	*Cytherina* cf. *recta* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	s	.	.	Vöslau.
188	*Cypridina* cf. *hystix* Rss.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	+	+	.	.	.	.	.	Lapugy.
189	*Cancer* (?) *liesingensis* n. f.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	()	
190	Krebsscheeren-Bruchstück.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	
(191)	*Otolithus* verschiedene Formen.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	h	+	.	.	.	
192	„ (*Phycis*) *tenuis* Kok.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	
193	„ (*Scopelus*) *austriacus* Kok.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	+	.	+	+	.	.	.	+	.	.	
194	„ „ *Kokeni* Proch.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	+	+	.	.	.	+	.	
195	„ cf. *mediterraneus* Kok.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	
196	„ cf. *pulcher* Proch.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	
197	*Hymenocephalus* aff. *labiatus* Schub.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+	.	+	.	.	.	+	.	.	
198	*Gonostoma*? spec.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	
199	*Gadus* cf. *elegans* Kok.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	
	Im Ganzen:	5	2	12	7	5	8	2	11	13	26	8	17	12	14	50	34	3	21	27	56	48	40	56	48	39	40	111	63	76	

In der Tabelle sind die Nummern der später näherer Untersuchung überlassenen Formengruppen, zumeist die Kleinsten unter den Kleinen in () gestellt. Solcher Gruppen sind acht bei den Foraminiferen vorhanden. Die Anzahl der Foraminiferen (140) wird dadurch noch etwas erhöht werden. Felix Karrer hat in seiner grofsen Foraminiferentabelle (Abh. k. k. geol. R.-A. IX, 1877) 166 Arten namhaft gemacht (20 weitere Arten kommen noch in den beiden anderen Tabellen Karrers [Vöslau und Baden-Gumpoldskirchen] dazu), also weit mehr als ich aus den Bohrproben zusammenbringen konnte. Von meinen 140 Formen sind 84 auch aus dem Badener Tegel bekannt, 17 Formen nur aus den Nufsdorfer Amphisteginenmergeln, sechs aber sind nur in der Arbeit von A. E. Reuss über Wieliczka namhaft gemacht. Dazu kommen 28 Formen, welche von Baden, Nufsdorf und Wieliczka bekannt geworden sind. Es bleiben etwa 30 Formen (und etwas darüber) übrig, welche teils als neu erkannt, oder vorläufig nicht bestimmbar sind. Im ganzen sind 84 Arten mit Badener-, 60 mit Nufsdorfer- und 65 mit Wieliczkaer-Arten übereinstimmend. Wozu noch zu bemerken wäre, dafs 51 der Liesinger Arten mit Badener und Wieliczkaer Formen übereinstimmen.

Eine Art ist aus Grinzig (*Glandulina rotundata* Rss.), eine von Brunn a. Geb. (*Uvigerina brunnensis* Karr.) und eine von Kostej (*Rotalia* cf. *patella* Neugeb.) bekannt geworden. Von den sechs nur aus Wieliczka bekannt gewordenen Foraminiferenarten wäre nur die der neuen Liesinger Art *Triloculina liesingensis* verwandte *Triloculina tricarinata* Rss. besonders hervorzuheben.

Zur Bestimmung der Foraminiferen wurden folgende Abhandlungen benützt.

1. A. d'Orbigny: Foraminifères fossiles du Bassin tertiaire de Vienne. Paris 1846.
2. Johann Czjžek: Beitrag zur Kenntnis der fossilen Foraminiferen des Wiener Beckens. Naturwissenschaftl. Abhandl. II, S. 137—150 mit 2 Tafeln. Wien 1847.
3. Dr. A. Em. Reuss: Neue Foraminiferen aus den Schichten des österreichischen Tertiärbeckens. Denkschriften der Wiener Akademie I, S. 365—390 mit 6 Tafeln. 1849.
4. J. L. Neugeboren: Die Foraminiferen aus der Ordnung der Stichostegier von Ober-Lapugy in Siebenbürgen. Ebenda. XII. Bd., S. 65—106 mit 5 Tafeln. Wien 1856.
5. Prof. Dr. A. Em. Reuss: Die Foraminiferen-Familie der Lagenideen. Sitz.-Ber. der Wiener Akademie. XLVI. Bd., S. 308—342 mit 7 Tafeln. Wien 1862.
6. Felix Karrer: Foraminiferen in den Mergeln der marinen Uferbildungen (Leithakalk) des Wiener Beckens. Ebenda. L. Bd., S. 1—31 mit 2 Tafeln. Wien 1864.
7. Prof. Dr. A. Em. Reuss: Die fossile Fauna der Steinsalzablagerungen von Wieliczka. Ebenda. LV. Bd., S. 1—166 mit 8 Tafeln. Wien 1866.
8. Felix Karrer: Zur Foraminiferenfauna in Österreich. Ebenda. LV. Bd., 38 Seiten mit 3 Tafeln. Wien 1867. (Schlier und Grund.)
9. —, Die miocäne Foraminiferen-Fauna von Kostej im Banat. Ebenda. LVIII. Bd., S. 1—73 mit 5 Tafeln. Wien 1868.
10. —, Geologie der Kaiser Franz Josefs Hochquellenwasserleitung. Abh. der k. k. Geol. R. Anst. IX. Bd., S. 370—388, Tafel XVI a. b. Wien 1877.

Überblickt man die Ergebnisse der Untersuchung der Bohrproben, so ergibt sich vor Allem, dafs die nach-mediterranen Ablagerungen noch bis in die Tiefe von 188—228.8 m reichen, ohne dafs es möglich wäre zu bestimmen, wieviel und ob überhaupt etwas auf die Congerienschichten entfallen könnte. Schon in der Probe aus 35.5—37.5 m fanden sich Cypridinen, in der Probe aus 37.7—38.4 m aber treten schon Polystomellen recht häufig auf, denen sich dann weiter hinab bald Nonioninen, *Rosalina simplex* und schon in 50—58 m Tiefe Quinqueloculinen beigesellen.

Von Rissoën fand ich nur ein Vorkommen in 82.27—83.47 m Tiefe. Das Sarmat dieser Bohrung ist fast durchweg durch sandige Sedimente vertreten, nur zwischen 86.5 und 89 m und zwischen 156 und 168 m Tiefe tritt wirklicher Tegel auf. Mehrfach sind freilich die Sande mehr oder weniger tonig gebunden.

Zwischen 188—228.87 m kommt man, wie ich glaube, zuerst in sicher marine Ablagerungen. Hier finden sich die letzten, obersten Textularien, Globigerinen und Buliminen. —

Von dieser Tiefe an habe ich die Ablagerungen übersichtlich in der Tabelle zusammengestellt.

Schon etwa in 241 m Tiefe stellen sich ziemlich zahlreiche marine Conchylien ein: *Columbella, Voluta, Turritella, Murex* und andere. Wenn die obige Annahme zu Recht bestehen sollte, so müfste man annehmen, dafs das Marin etwas oberhalb des Spiegels der heutigen Adria endete, während weiter im Norden (Staatsbahnbohrloch) auch mehr als 100 m (112.6) unter dem Meeresniveau von heute marine Ablagerungen noch nicht erreicht worden sind. (Man vgl. darüber Verh. 1913 Nr. 10, S. 239—254 und Tabelle.) Es ergäbe dies, auf eine Entfernung von nur 8.5 km., einen Niveauunterschied von wenigstens mehr als 100 m, woraus sich schon eine Neigung der Oberfläche des Badener Tegels von mehr als 1 m auf ca. 85 m ergeben würde. Die Wasserarmut des Badener Tegels könnte dadurch vielleicht die Erklärung finden: das Wasser mufste ja die Neigung haben nach Norden abzufliefsen. —

Die Häufigkeit der organischen Reste von 188—228.8 m abwärts ist anfänglich eine recht mäfsige, wird aber in gröfserer Tiefe eine beträchtliche, bis auf 56 Arten in der Tiefe von 557.2 und 585 m und auf 50 in der Tiefe von 500 m.

Alveolinen fand ich zuerst in der Tiefe 247.55—248.9 m, zuletzt traf ich sie zwischen 537—565 m, *Alv. melo* aber bis 576 m. Uvigerinen von 273 m Tiefe ab, reichen bis in die gröfsten Bohrtiefen.

Buliminen haben sich im Sarmat und bis in die gröfsten Tiefen gefunden.

Orbulinen treten zuerst in 500 m auf.

Nicht uninteressant ist das Auftreten der Polystomellen, sie treten zuerst in 341 m auf, finden sich aber auch recht häufig im Sarmat, nicht aber unterhalb 556 m.

Bryozoën fand ich nur zwischen 310 und 341 m Tiefe.

Die ersten Otolithen fanden sich nach 500 m Tiefe, werden aber erst in den grofsen Tiefen häufig.

Es würde zu weit führen, wollte ich alle Gattungen besonders betrachten, ihre Verbreitung geht ja aus der Tabelle deutlich hervor.

Besonders betonen mufs ich aber noch das Auftreten gewisser, mir aus dem Badener Tegel bisher nicht bekannt gewordener Formen, so die scharf dreikantige *Triloculina liesingensis* n. f. aus 500—514 m, die mit *Triloculina tricarinata* (d'Orb.) Rss. verwandt sein dürfte, welche Reufs aus Wieliczka anführt; zweitens das Vorkommen von *Spirialis valvatina* Rss. (Wieliczka) aus 310—341 und aus 530—556 m, den kleinen Krebs (*Cancer? liesingensis* n. f.), welcher gleichfalls einer Wieliczkaer Form (*Microdium nodulosum* Rss.) verwandt sein dürfte und endlich das Vorkommen von Tafeln und Stachelborsten, welche ich als mit *Brissopsis ottnangensis* R. Hörn. übereinstimmend betrachten möchte, eine Schlier-Form, welche von 500 m abwärts häufig auftritt und von mir ganz ebenso im Tegel von Walbersdorf aufgefunden wurde.

Selbstverständlich mufste ich bei den oberen Schichten der von mir für Badener Tegel erklärten Ablagerungen, etwa von 188—273.1 m Bohrtiefe, auch die Frage ins Auge fassen, ob man es nicht noch mit Sarmat zu tun habe, in welches die darin sich findenden echt marinen Fossilien eingeschwemmt worden seien, wie dies F. Karrer in seiner noch anzuführenden Arbeit über die Foraminiferen der brackischen Schichten für ähnliche Erscheinungen angenommen hat. (Sitz.-Ber. der Wiener Ak. d. W. XLVIII 1863. 31 S.)

Es kommen von Foraminiferen folgende in Betracht:

Alveolina melo und *Haueri*,
Triloculina consobrina,
Spirolina austriaca,
Textularia carinata,
Bulimina elongata, ovata und *aculeata*,
Truncatulina Dutemplei und *Haidingeri*,
Polystomella crispa und cf. *Listeri*.

Von diesen Formen sind nur *Spirolina austriaca* und *Polystomella* cf. *Listeri* von mir in tieferen Lagen nicht angetroffen worden. Alveolinen führt Karrer aus brackischen Ablagerungen ebensowenig an als *Textularia carinata* d'Orb. und auch im Dee-Ästuarium haben sie sich nicht vorgefunden.

Die vielen Mollusken-Vorkommnisse dieser Hangend-Schichten, soweit sie sich der Art nach bestimmen liefsen, wenn die betreffenden Schichten nicht als echt marin aufgefafst würden, sind fast durchwegs echte Badener Arten, und würden ihr Vorkommen kaum anders erklären lassen als unter der Annahme, dafs die Badener Fauna noch gleichzeitig nahebei unter Verhältnissen fortbestanden habe, etwa so wie sie heute im Dee-Ästuarium herrschen, das mit der Irischen See in Verbindung steht. Damals mufste das pannonische Meer eine ähnliche Rolle gespielt haben.

In den sicher brackischen Ablagerungen bis zu 188—228 m Tiefe fanden sich die folgenden Foraminiferen, zuerst in 37.7—38.4 m Tiefe:

Polystomella Hauerina d'Orb. und zwar in winzigen Exemplaren.

In der nächsten Probe 37.4—38.55 stellt sich auch
Nonionina granosa d'Orb. (?) ein,

in 44.85—45.05 m auch eine *Rosalina* cf. *simplex* d'Orb.,

in 56—58 m *Polystomella* cf. *aculeata* d'Orb. und unbestimmbare Quinqueloculinen,

in 72.8—73.45 m *Polystomella* cf. *Listeri* d'Orb.,

in 83.47—86.5 m *Polystomella obtusa* d'Orb. und *Triloculina* cf. *inflata* d'Orb.,

in 150—168 m endlich auch *Nonionina punctata* d'Orb.

Es sind dies durchwegs Formen, welche F. Karrer in seiner Arbeit „über das Auftreten der Foraminiferen in den brackischen Schichten des

Wienerbeckens" namhaft gemacht hat, also Formen, welche die Aussüfsung zu vertragen vermochten. In den Schichten von 188—228.7 m Tiefe (graublauer, feiner, tonig gebundener Sand) treten neben *Polystomella* cf. *Listeri* d'Orb. auch *Globigerina bulloides* d'Orb., *Textularia carinata* d'Orb. und Buliminen auf. *Globigerina bulloides* kennt F. Karrer auch aus brackischen Schichten und meint, diese winzigen Schälchen wären als „eingeschwemmt" zu betrachten. *Textularia carinata* d'Orb. führt Karrer aus sarmatischen Schichten, wie gesagt, nicht an.

Von besonderem Interesse scheinen mir die Ergebnisse zu sein, zu welchen die Untersuchungen Siddal's im Firth of Clyde und im Dee-Aestuarium geführt haben.[1])

Ich will auf diese für Vergleiche wichtige Arbeit und auf die Faunen etwas eingehen.

1. Das Verzeichnis der Foraminiferen des Dee-Flusses (zwischen Chester und Hilbre-Isl.) weist nicht weniger als 98 Arten auf, von welchen die folgenden namhaft gemacht werden sollen, Gattungen betreffend, welche auch in den Faunen der Bohrproben auftreten.

Biloculina elongata d'Orb.
Triloculina tricarinata d'Orb.
Quinqueloculina agglutinans d'Orb.
Dentalina communis d'Orb.
* *Orbulina universa* d'Orb.
* *Globigerina bulloides* d'Orb.
* *Bulimina pupoides* d'Orb.
* *Virgulina Schreibersi* Cž.
Bigenerina digitata d'Orb.
Discorbina turco d'Orb.
* *Truncatulina lobatula* Walker.
* *Polystomella crispa* Linn.

Die mit * bezeichneten Arten fanden sich auch in den Liesinger Bohrproben.

2. Im Dee-Aestuarium (und nicht im Firth of Clyde) fanden sich:

Cornuspira involvens Rss.
Quinqueloculina candeina d'Orb.
* *Quinqueloculina pulchella* d'Orb.
Lituola fusiformis Will.
Lagena striata d'Orb. var. *gracilis* Will., *ornata* Will., *lucida* Will. und *aspera* Rss.
Nodosaria radicula Linn.

---

[1]) J. D. Siddal: On the Foraminifera of the River Dee. Ann. and Magaz. of Nat. History. London 1876. Vol. XVII S. 37.

* *Dentalina guttifera* d'Orb.
Marginulina raphanus d'Orb. und *glabra* d'Orb.
* *Polymorphina oblonga* Will., *Thonini* d'Orb., *fusiformis* Roem., *concava* d'Orb., *gibba* d'Orb., var. *aequalis* d'Orb.
* *Uvigerina angulosa* Will. und *pygmaea* d'Orb.
Textularia pygmaea d'Orb., *difformis* Will. und *agglutinans* d'Orb.
Verneuilina spinulosa Rss.
Bulimina elegantissima d'Orb.
Bigenerina digitata d'Orb.
Cassidulina laevigata d'Orb.
Truncatulina refulgens Montf.
Pulvinulina auricula und *repanda* F. und M.
Nonionina umbilicatula Montf.

Die gleichzeitige Verschiedenheit der Faunen in einander so nahen Buchten dürfte auch bei der kleinen Auswahl auffallend genug sein.

3. Im Firth of Clyde (und nicht im Dee-Aestuarium) fanden sich unter anderen Formen:

Cornuspira foliacea Phil.
Triloculina Brongniartiana d'Orb.
Spiroloculina excavata d'Orb.
Lituola nautiloidea Lam.
Valvulina austriaca Brady.
Lagena, mehrere Arten.
Nodosaria pyrula d'Orb.
Dentalina pauperata d'Orb.
Vaginulina legumen Linn.
Polymorphin atubulosa d'Orb. sp.
* *Bulimina aculeata* d'Orb.
Tinoporus lucidus Brady.
Polystomella arctica P. u. J.

Auch die Frage, in welchen Meerestiefen die Sedimente des Liesinger Bohrloches zur Ablagerung gekommen sind, mufste sich mir aufdrängen. Freilich ist das für diese Frage vorliegende Material, wenngleich ein nicht geringes, doch schwierig zu verwenden. Nur die sicher nur am Boden lebenden Formen würden Anhaltspunkte gewähren. Erleichtert wird die Sache dadurch, dafs Johannes Walther in seiner „Einleitung in die Geologie“ (Jena 1893—94) sich der Mühe unterzogen hat, gerade auf diese Verhältnisse einzugehen. Er hat eine grofse Zahl von Angaben zusammengestellt, von welchen ich nur die auf Liesinger Arten bezüglichen auswählen will.

(Ich habe es nicht unterlassen auch die Hauptquelle einzusehen: H. B. Brady's Rep. on the Foraminifera. Voyage of Challenger, Zool.

Vol. IX, und zwar nicht nur die grofse Tabelle, S. 756—764 (399 Arten umfassend), wobei viele der Wienerbucht-Arten, wie sie von d'Orbigny, Reuss, Czjžek, Karrer u. a. mit gewissen lebenden Formen zusammengefafst wurden, was ich vermieden habe, der leichteren Vergleichung wegen. In meiner Tabelle sind die betreffenden Tiefenangaben als Anmerkungen (Chall.:) beigefügt worden.

Die aus dem Challenger Werke entnommenen Tiefenangaben (36 Arten) betreffen durchwegs Formen, welche auch in seichterem und mäfsig tiefem Wasser vorkommen.

Alveolina melo F. M., in seichter See, auf Korallenriffen in 1—73 m.
Bulimina Buchana d'Orb., 1—657 m (Chall.: 40—2375 fd.).
„ *pupoides* d'Orb., auch im Brackwasser britischer Flüsse (Chall.: 0—1000 fd.).
Clavulina communis d'Orb., 630—3063 m (Chall.: 40—2300 fd.)
Glandulina laevigata d'Orb., 12—2514 m (Chall.: 50—1375 fd.), auch im Brackwasser englischer Flüsse.
Globigerina bulloides d'Orb., in allen Tiefen und allen Sedimenten.
Orbulina universa d'Orb., 0—5760 m.
Polystomella crispa L., 1—1700 m (Chall.: Litt. Zone bis 355 fd.)
Rotalia Soldanii d'Orb., selten unter 548 m (Chall.: 150—2425 fd.).
Sphaeroidina, in Tiefen von 0—4434 m (Chall.: 30—2600 fd.).
Uvigerina asperula Cž., von 73—4270 m (Chall.: 37—2600 fd.).
„ *pygmaea* d'Orb., 1—657 m, doch meistens tiefer als 54 m (Chall.: 2—2600 fd.).
Alveolina melo würde auf eine geringe Wassertiefe (bis 73 m) schliefsen lassen, was auch für die oberen Schichten (bis 341 m) stimmen könnte.

Nach Walthers Angaben über die *Clavulina communis* glaubte ich anfänglich, Schlufsfolgerungen auf die Meerestiefe vornehmen zu können, bis ich aus Brady's Werke (S. 782) ersah, dafs diese Art, freilich nur in hohen Nord- und Süd-Breiten, so in Patagonien, auch in seichterem Wasser (von 40—245 fd.) angetroffen worden ist, so dafs man darauf hin nicht genötigt wäre, für die Wienerbucht absonderliche Meerestiefen anzunehmen.

Auch die *Rotalia Soldanii* läfst uns bei den Schlufsfolgerungen im Stiche. Nur sechs Sondierungen des Challenger (S. 707) lieferten sie aus weniger als 300 fd. Tiefe, während sie 39 mal aus weniger als 1000 fd. und nur 12 mal oberhalb 2000 fd. gefunden wurde.

Rotalia Soldanii fand ich in Liesing erst in ansehnlichen Bohrtiefen (565—576 m), desgleichen *Uvigerina asperula* Cž. (erst aus 500 m).

Da die Seehöhe der Oberkante des Liesinger Bohrloches etwa 220 m beträgt, so liegt der tiefste Punkt der Bohrung (600 m) jetzt 380 m unter dem Spiegel der Adria, zurzeit der Ablagerung aber würde er nach der Höhenlage der Strandkonglomerate bei Kalksburg (ca. 260 m), etwa 640 m unter dem Spiegel des damaligen Meeres, die obersten Ablagerungen des Badener Tegels unseres Profils (in ca. 200 m Bohrtiefe) aber nur 240 m tief gelegen gewesen sein. Immer vorausgesetzt, dafs diese Werte nicht durch Setzungen, Nachsackungen der Sedimentmassen eine gewisse Veränderung erlitten haben. Für die obersten Tegellagen der Sedimentreihe des Bohrloches in 50—58 m Bohrtiefe würde sich eine Meerestiefe von kaum 90—98 m ergeben (verglichen mit der Kalksburger-Kote).

Nun ist aber der Meeresspiegel des mediterranen Meeres der Wienerbucht nach den Seichtwasser-Meeresbildungen im Rauchstallbrunnen bei Baden in ca. 370 m und nach den Mediterranablagerungen in der Meeresbucht von Gaaden[1]) mit etwa 400 m über dem Spiegel der Adria anzunehmen, ja die weiter im Westen auftretenden Mediterrangebilde liegen in noch viel gröfserer Meereshöhe, jene z. B. der Schliermergel bei Ottnang über 550 m hoch. Darauf hier einzugehen würde zu weit abführen. Aber schon allein die angeführten Tatsachen im Bereiche der Wienerbucht nötigen uns, wie ich meine, zur Annahme einer recht beträchtlichen Hebung des ganzen

[1]) Die marinen Tertiärablagerungen in der Gaadener Tertiärbucht, z. B. die Muschelvorkommnisse im Hohlweg von Ober-Gaaden Süd liegen zwischen 320 und 340 m, jene von Siegenfeld NW, am Waldrande, am gelbmarkierten Fahrwege nach Heiligenkreuz, bei der Kapelle (grofse Austern und Balanen), bei etwa 372 m, mit den *Perna*-Vorkommnissen, unterhalb der Koten 386 und 387 m, (man vgl. meine Abh. über das Gebiet des Mödling- und Liesingbaches, Jb. 1905, S. 309 ff.) noch etwas höher, so dafs man wohl die Höhe des Meeresspiegels mit etwas mehr als 400 m über der heutigen Adria annehmen darf.

Gebietes, etwa am Schlusse des Pliocän, bezw. vor Beginn der Glazialperiode, einer Hebung, die nach Westen hin viel beträchtlicher gewesen sein müfste, als in unserem unmittelbaren Nachbargebiete. Der Unterschied in der Strandhöhe bei Kalksburg und jener der Seichtmeerbildungen von Baden-Gaaden aber würde zur Annahme von Absenkungen im Bereiche der Wienerbucht führen. Jene für die Linie Kalksburg-Liesing dürfte weit über 100 m (etwa 140 m) betragen haben.

Schon in meiner kleinen Arbeit über die Kongeriensande am Fufse des Eichkogels bei Mödling-Guntramsdorf (Jb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1912 S. 53) wurde ich zu ähnlichen Annahmen geführt.

Diese Absenkungen dürften, natürlich nach jener grofsen Hebung weiter Gebiete, auch weiter nordwärts bis in die Nähe der Donau aufgetreten sein, wenigstens spricht die Tatsache, dafs in den Tiefbohrungen der Staatsbahn (Verhandlungen 1913, Nr. 10, S. 239 ff.), noch in mehr als 300 m Tiefe die mediterranen Bildungen nicht erreicht worden sind, für eine weitere solche Absenkungsstufe.

Tabelle und Profil lassen endlich wenigstens annähernd die Geschichte der Ablagerungen von 600 m aufwärts verfolgen. Schliercharaktere halten an bis 500 m, so weit reichen auch die Funde von Otolithen nach aufwärts, sowie die Vorkommnisse von Borsten-Stacheln und Warzentafeln, welche ich als *Brissopsis* cf. *Ottnangensis* deuten möchte; *Spirialis valvatina* Rss, die Wieliczkaer Art, die *Triloculina liesingensis* n. f. und der beiderseits glatte Pecten (*P. denudatus*?) fallen gleichfalls in diese untere Partie des Badener Tegels, der wohl, meiner Meinung nach, mit dem Schlier in Parallele gestellt werden darf. Auch die kleine zierliche Krabbe gehört ihm an. Die gewöhnlichen Badener Foraminiferen Typen reichen, allmählich weniger mannigfaltig werdend, bis in 247 m Tiefe hinauf, wo die letzten Alveolinen auftreten. Mir will es scheinen, als ob etwa von der Bohrtiefe von 350—430 m an, dem obersten Horizonte, in dem noch *Clavulina communis* auftritt, die Meerestiefe abgenommen hätte, so dafs etwa aufwärts von 247 m Bohrtiefe die Mollusken häufiger werden konnten, welche in der Mehrzahl in den Bohrtiefen von 247—241 m auftreten. *Textularia carinata* tritt neben *Globigerina bulloides* zum letzten Male zwischen 188 und 229 m

Bohrtiefe auf, von wo an dann jene Veränderungen durch zunehmende Einflufsnahme der Aussüfsung des seicht gewordenen Meeres eingetreten sein mögen, welche für die Sarmatische Stufe so bezeichnend sind und welche von Foraminiferen, nach den aus diesem Bohrloche vorliegenden Tatsachen, nur die Polystomellen (die überhaupt nur bis 341 m hinabreichen), die Nonioninen, wenige Quinqueloculinen und Triloculinen aber auch Cytherinen zu vertragen vermochten.

Die ersten Anzeichen des Vorkommens von *Rissoa* fallen erst in etwa 83 m Bohrtiefe. *Tapes gregaria* ist erst in 58—50 m Tiefe angedeutet. Ein Nachweis, dafs auch die pontische Stufe im Profile vertreten wäre, fehlt.

Vergleiche mit einigen den unter 500 m Bohrtiefe verwandten Ablagerungen: Walbersdorf, Dévény Ujfalu (Neudorf a. d. March), Ottnang und Kralitz.

Die Frage, ob der Tegel von Walbersdorf bei Mattersdorf (Nagymarton) in Ungarn Badener Tegel oder Schlier sei, wurde mehrfach erörtert.

R. Hörnes (Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1884 S. 305) hat in dem sandigen Tegel als „häufigste Versteinerung“ *Pecten denudatus* Rss. angetroffen, neben Fragmenten anderer Fossilien, und kommt zu der Überzeugung, dafs der Schlier (auch jener von Ottnang in Oberösterreich), nicht wie er früher angenommen, der oberen Abteilung der ersten, „sondern der zweiten Mediterranstufe angehört“.

Th. Fuchs hat (ebenda, S. 373) daraufhin mitgeteilt, dafs *Pecten denudatus* auch von Forchtenau (Ödenburger Komitat) bekannt sei. In Walbersdorf konnte er 40 Badener Formen nachweisen (darunter freilich auch *Pecten denudatus*, aber nur in wenigen Stücken). Der Tegel von Walbersdorf sei „ein einfacher Badener Tegel“, in dem allerdings ungewöhnlicher Weise der *Pecten denudatus* vorkommt.

Alex. Bittner hat (ebenda, 1885, S. 226) auf diesen Widerspruch besonders aufmerksam gemacht.

Fr. Toula hat Walbersdorf gleichfalls besucht (ebenda, 1885, S. 246) und das Vorkommen von *Nautilus* (*Aturia*) *Aturi* Bast. und ebenso zweifellos auch *Brissopsis ottnangensis* R. Hörn. neben anderen Fossilien selbst gesammelt, im ganzen 19 verschiedene Arten.

E. Kittl hat bald darauf (Ann. d. k. k. Naturh. Hofmus. I, 1886, Notizen S. 19) darauf hingewiesen, dafs von den Arbeitern viele Fossilien

von Baden nach Walbersdorf herübergebracht wurden. Er hat mit aller Sorgfalt sammelnd eine Fauna von 20 vollkommen sicheren Walbersdorfer Arten namhaft gemacht, darunter von aus dem Badener Tegel nicht oder nur als sehr selten bekannten:

Aturia Aturi Bast. 20 Ex. (auch von Ottnang und Ostrau bekannt).

Hyalaea bisulcata Kittl. 14 Ex. (auch von Ostrau bekannt).

Vaginella spec. 20 Ex. (kommt auch in Ostrau vor).

Anatina Fuchsi R. Hörn. 6 Ex. (ist häufig in Ottnang, selten in Ostrau).

Tellina Ottnangensis R. Hörn. 1 Ex. (in Ottnang sehr häufig, selten in Ostrau).

Solenomya Doderleini Mayer. 30 Ex. (aus Baden nur 1 Ex. bekannt, häufig in Ottnang, selten in Ostrau).

Pecten denudatus Rss. 15 Ex. (aus Baden wurden 2 Ex., aus Ottnang 112 angeführt).

Pecten comitatus Font. aff. Nur 1 Ex.

Gryphaea cochlear Poli. 50 Ex. (aus Baden wurden 3, aus dem Ostrauer Tegel 12 Ex. angeführt).

Ceratotrochus multiserialis Micht. 150 Ex.

Also 10 von Kittl selbst gesammelte Arten. Kittl beziffert die Fauna auf 59 Arten, unter Einbeziehung der von Arbeitern bezogenen 20 Arten, die ihm sichergestellt scheinen. Dazu kommen noch drei von mir gesammelte, in seinem Verzeichnisse nicht enthaltene Arten:

Oxyrhina cf. *Desori* Ag. 1 Ex.

Buccinum costulatum Brocc. 1 Ex.

Scalaria scaberrima Micht. 1 „sehr schönes“ Ex.

und

Kittl kommt zu dem Schlusse, dafs es eine Fauna „aus Formen des Badener Tegels und des Ottnanger Schliers gemengt sei“. Eine Schlufsfolgerung, welcher R. Hörnes beigepflichtet hat (Verhandl. 1890, S. 129).

Auch Vlad. Jos. Procházka (Tschech. K. Franz Josefs-Akademie Prag 1892) hat in Walbersdorf gesammelt (Ref. Verh. 1893 S. 98) und kommt zu dem Schlusse: Mittelstellung zwischen Schlier- und Badener Tegel-Fauna, der Schlier kein älteres Niveau des Miocäns. Er hat in einer späteren Arbeit (Tschech. Ak. Sitzb. III, 7) auch eine neue Koralle aufgestellt:

Ceratotrochus walbersdorfensis (Verh. 1893 S. 303 Ref.).

Da mir diese Frage wichtig schien, und vor allem, weil mir das Vorkommen der Tafelstücke und Borstenstacheln, bei welchen ich auf *Brissopsis ottnangensis* R. Hörnes schlofs, einer Nachsuche in sicherem Walbersdorfer Tegel wert schien, nahm ich einige der von mir im Jahre 1884 gesammelten Proben nochmals vor. Schon R. Hörnes hat blaugrauen unteren und bräunlichen oberen Tegel in Walbersdorf unterschieden.

Eine Probe des blaugrauen Tegels entnahm ich einem gröfseren Handstücke mit *Cassidaria*; eine zweite, aus dem oberen licht bräunlich umgefärbten Tegel, war von mir schon damals geschlämmt worden, ohne dafs ich dazu gekommen wäre, die Schlämmrückstände zu untersuchen.

In beiden Schlämmrückständen konnte ich bald das Vorkommen derselben eigenartigen Borstenstacheln nachweisen.

Weiter fanden sich im unteren blaugrauen Tegel eine Menge von Fossilien, vornehmlich Foraminiferen, und zwar:

Biloculina depressa (d'Orb.) Karr., 0.6 mm grofs, sehr schönes Ex.
Biloculina sp. ind.
**Triloculina* sp. ind. 2 Ex.
†**Quinqueloculina* (*Adelosina*) *pulchella* d'Orb. sp. 1 Ex.
Quinqueloculina (*Adelosina*) n. f. 5 Ex., kreisrund, glatt.
Quinqueloculina, sehr kleine Formen. 5 Ex.
†**Quinqueloculina* cf. *Aknerana* d'Orb. 1 Ex.
Dentalina spinigera Neug. 1 Ex., zwei Zellen mit langer Spitze.
†*Nodosaria Adolphina* d'Orb. 1 Ex.
„ mehrere Bruchstücke.
Glandulina laevigata d'Orb. 1 Ex.
†**Polymorphina* (*Guttulina*) *austriaca* d'Orb. sp. 1 Ex.
†**Textularia carinata* d'Orb. 5 Ex.
†*Plecanium Mariae* d'Orb. sp. 1 Ex.
†**Clavulina communis* d'Orb.
†**Uvigerina pygmaea* d'Orb. 5 Ex. (eines viel schlanker).
†**Uvigerina asperula* Cž. 5 Ex.
†**Bulimina pupoides* d'Orb. 5 Ex.
†*Bulimina* aff. *Buchana* d'Orb. 2 Ex., glatte Form.
Bulimina spec.
†**Virgulina* cf. *Schreibersi* Cž. 3 Ex. Ausnehmend schlank.
†**Orbulina universa* d'Orb. 7 Ex.
†**Globigerina bulloides* d'Orb. (h.), in verschiedenen Varietäten.
†**Sphaeroidina austriaca* d'Orb. (h.).
†**Truncatulina Dutemplei* d'Orb. sp. und aff. *Dutemplei* (h.).

Truncatulina (Anomalina) Badensis d'Orb. 1 Ex.
†* *Pulvinulina Partschana* d'Orb. sp. 4 Ex.
Rotalidae, verschiedene Formen (h.).
†* *Nonionina communis* d'Orb. (h.).
† *Nonionina Soldanii* d'Orb. 7 Ex.

Aufserdem:
† *Turbonilla* cf. *Reussi* M. Hörn. 1 Ex.
† *Cypridina* cf. *hystrix* Rss. 1 Ex.
Bruchstücke unbestimmbarer Muscheln.

Aus dem licht bräunlichen Tegel konnte ich neben *Brissopsis*-Stachelborsten, aufser den auch in dem blaugrauen Tegel gefundenen Arten (im Verzeichnisse mit * bezeichnet) bestimmen:

† *Quinqueloculina Josephina* d'Orb. 1 Ex.
Plecanium articulatum d'Orb. 1 Ex.
„ aff. *abbreviatum* d'Orb. 3 Ex.
† *Bulimina pyrula* d'Orb. 3 Ex.
„ n. f. aff. *B. aculeata* Rss.
„ verschied. Formen (h.).
† *Truncatulina (Rosalina) simplex* d'Orb.
† *Truncatulina lobatula* d'Orb. 5 Ex.
† *Nonionina bulloides* d'Orb. 2 Ex.
Ein winziges Stäbchen mit Zähnchen (Kiemenbogenstückchen?).
† *Otolithus (Gadus) elegans* Kok., ein grofses Bruchstück.

Es sind somit fast durchwegs echte Formen des Badener Tegels.

Der Walbersdorfer Tegel hat also die Foraminiferen-Fauna des Badener Tegels, enthält aber typische Schlierarten, die sich zum weitaus gröfstem Teile auch im Badener Tegel des Liesinger Bohrloches gefunden haben (sie sind im Verzeichnisse mit † bezeichnet), und zwar wieder zumeist in den Tiefen von 500 m Bohrtiefe abwärts, einige bis in ca. 300 m Bohrtiefe hinaufreichend.

Auch der Tegel von Neudorf a. d. March (Dévény-Ujfalu) gehört zu den Vorkommen des Wienerbeckens, welche, wie das von Walbersdorf, zum Vergleiche herangezogen werden müssen. (Fr. Toula: „Über den marinen Tegel von Neudorf a. d. March [Dévény-Ujfalu] in Ungarn". Verh. d. Ver. f. Natur-. u. Heilk. zu Prefsburg, XX, 1899.) Von den 26 Arten

von Foraminiferen, welche ich damals aus einer kleinen Probe herausschlämmte, finden sich 19 auch im Verzeichnisse von Liesing. Die meisten von diesen auch in diesem Falle in den grofsen Bohrtiefen, nur zwei reichen bis 430 m (*Sphaeroidina* und *Clavulina*), fünf bis 310—351 m und nur eine Art (*Truncatulina Dutemplei*) bis in 254 m hinauf. In der Gesamtfauna (114 Arten) finden sich 50 Schlierformen und nur aus dem Schlier 16 Arten, neben 17 neuen Formen. Mittlerweile hat Herr Dr. Fr. Schaffer den nunmehr verewigten Direktor Teirich zur Vornahme gröfserer Schlämmarbeit in sechs Horizonten veranlafst und hat mir von dem grofsen Material etwa je die Hälfte zur Bestimmung der Fauna überlassen, wofür ich ihm sehr dankbar bin. Die Bearbeitung dieses reichhaltigen Materiales wird ehebaldigst vorgenommen werden und wird voraussichtlich eine weit gröfsere Zahl von Arten liefern als für meine angeführte Arbeit zur Verfügung stand.

E. M. Reuss hat aus dem Tegel von Ottnang schon 1852, in C. Ehrlichs „Geogn. Wanderungen im Gebiete der nordöstlichen Alpen" (Linz 1852), 25 Forminiferen bestimmt, von welchen neun Arten im Wienerbecken nicht bekannt waren.

Cristellaria armata Rss.
„ *placenta* Rss.
* *Polystomella crispa* Lam.
* „ *Listeri* d'Orb.
* „ *Antonina* d'Orb.
„ *caninifera* Rss.
„ *Ehrlichi* Rss.
* *Robulina clypeiformis* d'Orb.
* „ *cultrata* d'Orb.
„ *callosa* Rss.
* *Rotalina Haueri* d'Orb.
„ *ptychomphala* Rss.
„ *multisepta* Rss.
* *Rotalina Soldanii* d'Orb.
* *Truncatulina Bouéana* d'Orb.
Rosalina cincta Rss.
* *Uvigerina pygmaea* d'Orb.
Verneulina spinulosa Rss.
Cassidulina oblonga Rss.
* *Asterigerina planorbis* d'Orb.
* *Globulina spinosa* d'Orb.
* „ *gibba* d'Orb.
Bolivina lineolata Rss.
* *Sphaeroidina austriaca* d'Orb.
Aufserdem: *Nodosaria, Dentalina, Anomalina* und *Guttulina.*

Die mit * bezeichneten sind auch aus dem Tegel von Baden bekannt.

Aufserdem führt er an:

Cythere sulcato-punctata Rss. Lamna-Arten.
„ *Edwardsi* Roem.

Auch der Schlier von Ottnang würde ein neuerliches Studium seiner Foraminiferen-Fauna verdienen. Es ist jedoch offenbar nicht leicht gröfseres schlämmbares Material zu erhalten. Herr Regierungsrat Hans Commenda war so freundlich, mir auf mein Ersuchen hin, eine Anzahl von Probestücken zu senden. Nur eines der Stücke (von Weizenkirchen) wird schlämmbar sein. Es wird wohl am besten sein in Ottnang-Wolfsegg nach Schlämmungsmaterial neuerlich zu suchen, was ich recht bald auszuführen mir vorgenommen habe.

Ich glaube es nicht unterlassen zu sollen die Ergebnisse, die ich in meiner „vorläufigen Mitteilung" über die Miocänablagerungen von Kralitz in Mähren gegeben habe, zum Vergleiche herbeizuziehen. (Annalen des k. k. naturh. Hof-Mus. VIII 2, 1893). Mein nun schon verewigter Freund A. Pelz hat dort eine grofse Schlämmarbeit ausgeführt und ein selten reichhaltiges Material zustande gebracht, dessen Hauptmasse sich in den Sammlungen der Lehrkanzel für Min. u. Geol. der k. k. techn. Hochschule befindet, während von den Dubletten vieles an das k. k. naturh. Hofmuseum abgegeben wurde. Herr Ass. Franz Neworal bestimmt damals die schon von A. Pelz ausgelesenen Fossilien, darunter 110 Foraminiferen, sorgfältig, von welchen 56 Arten von Baden, 38 von Nufsdorf und 32 Arten von Wieliczka bekannt waren. Ins Obligocän reichen 49 Arten, von welchen 14 nur aus dem Oligocän bekannt sind, während 40 Arten auch in den *Clavulina-Szabói*-Schichten vorkommen. Auch in Wieliczka kommen 14 nur oligocäne Arten, wenn auch meist als Seltenheiten, vor. Bei einem Besuche der Lokalität sammelte ich in den Liegendschichten mit *Pecten denudatus* neben 19 Foraminiferen, von welchen 12 auch in Liesing sich fanden, viele Echiniden-Tafelstücke und Stacheln, Cypridinen und Otolithen.

Von den 110 Foraminiferen finden sich 26 in Baden und Wieliczka, 14 davon sind in Kralitz häufig und sehr häufig. Das Vorkommen so vieler in tiefere Horizonte hinabreichender Arten läfst wohl den Schlufs zu, dafs

der Kralitzer Schlier, sowie auch der von Wieliczka, etwas älter sein könnten als jener von Walbersdorf.

In Wieliczka machen die nur aus dem Oligocän bekannten Formen 5, in Kralitz 5·8% aus. Es verhält sich dies jedoch kaum viel anders, als wenn wir in der Foraminiferen Fauna etwa des Dee-Flusses so viele Arten antreffen, die schon im Zeitalter des Badener Tegels lebten.

Aber auch der Unterschied zwischen der Foraminiferen Fauna der verschiedenen Bohrtiefen des Liesinger Bohrloches, oder jener zwischen den Faunen des typischen Badener Tegels und des Schliers ist kaum gröfser als die Verschiedenheiten zwischen den gleichzeitigen Faunen einerseits des Firth of Clyde, andererseits des Dee-Flusses und des Dee-Aestuariums.

Von den 213 Foraminiferen der *Clavulina Szabói*-Schichten (v. Hantken, Budapest 1875) finden sich in Liesing nur 21, während z. B. unter den 110 Arten von Kralitz nicht weniger als 40 Arten vorkommen. Von den 24 Foraminiferen, welche Reuss von Ottnang bestimmte, reichen nur drei (*Rotalia Soldanii* d'Orb., *Uvigerina pygmaea* d'Orb. und *Sphaeroidina austriaca* d'Orb.) in die *Clavulina Szabói*-Schichten.

Fasse ich die Ergebnisse wie sie heute vorliegen zusammen, so komme ich zu folgenden Schlüssen:

1. Im Bohrloche von Liesing dürfen wir mit grofser Sicherheit die Ablagerungen von 35—168 m Bohrtiefe als Sarmat annehmen. Die hangenden Schichten hinauf bis zu 6 m und jene von 168—188 m dürften gleichfalls noch Sarmat sein, wobei die letzteren eine Übergangsstellung einnehmen könnten.

2. Die Schichten von 188—500 m Bohrtiefe wären als oberer Badener Tegel zu bezeichnen, jene von 500—600 m, der untere Badener Tegel, wären mit dem Schliertegel von Walbersdorf in Parallele zu stellen.

3. Der Schlier von Ottnang wird wohl kaum älter sein.

4. Dasselbe gilt wohl auch für den Schliertegel von Neudorf a. d. March (Dévény-Ujfalu). Darüber wird die geplante Untersuchung der reichen vorliegenden Schlämm-Materialien hoffentlich weitergehende Sicherheit gewähren.

5. Das sichere Verhältnis der mürben „Schliermergel mit *Pecten denudatus* Rss.“ wird sich gleichfalls erst nach Untersuchung der noch vorliegenden Materialien bestimmter feststellen lassen. Die 14 bisher nur aus dem Oligocän bekannt gewordenen Arten könnten ja, wie jene aus Wieliczka, nur als langlebige Formen sich ergeben. Die zahlreichen Bryozoën der Kralitzer Mergel deuten übrigens auf herrschende fazielle Verschiedenheiten hin. —

Die Geschichte der Liesinger Tiefbohrung.

Eines Abends besuchte mich in Mödling bei Wien, anfangs 1913 während der Weihnachtsferien, der Sohn des verstorbenen Hausarztes der Familie meines Schwiegersohnes, Herr Dr. Alfred Gorhan, der Chemiker der im Titel dieser Arbeit genannten Gesellschaft und erzählte mir von einer Bohrung im Fabriksgebiete, die bis auf 500 m in die Tiefe gelangt sei, ohne von 250 m abwärts Wasser angetroffen zu haben. Wasser sei nur in etwa 83 m Tiefe, dann aber auch in 112, 148, 247 und 255 m vorgekommen, jedoch für den Bedarf zu wenig, und zu hart um als Kesselspeisewasser benutzt werden zu können. Man habe daher weiter gebohrt. Jetzt aber bei 500 m hätte man doch schon Zweifel, ob man Erfolg haben werde.

Es war natürlich naheliegend zu schliefsen, dafs die Wasser führenden Schichten vor allem dem Sarmat angehören. Um das Alter des Tegels in 500 m Tiefe bestimmen zu können, liefs ich mir eine Bohrprobe nach Wien senden, welche mit Sicherheit die Bestimmung als Badener Tegel ergab.

„Wie lange wird dieser noch anhalten?“ — „Das wissen die Götter, ich nicht.“ Nichtsdestoweniger wurde die Bohrung fortgesetzt, wie ich durch die spätere Meldung erfuhr: man habe die Bohrung bei 600 m Tiefe eingestellt.

Am 25. Februar erhielt ich das Bohrprotokoll, aus welchem ich entnahm, dafs von 514 m abwärts viermal sandige Tegel, dreimal mit Muschelresten, angetroffen worden waren, also eine fazielle Änderung sich anzeigte, wenn auch in 600 m Tiefe wieder grauer Tegel angeführt wurde, mit der Bemerkung „geht weiter“. (Gebohrt wurde bis 603 m.)

Ich mufste mir sagen, dafs es von höchstem wissenschaftlichen Interesse wäre, die Bohrung nicht aufgeben zu müssen und veranlafste

Herrn Dr. Gorhan mit dem Ausziehen der Rohre noch etwas, nur wenige Tage zu warten, was mir zugestanden wurde, obgleich der Fabrik, die Wartelöhne für die Arbeiter täglich etwa 100 Kr. kosteten.

Was tun? — Ich war der Meinung, dafs, da die Fortsetzung der Arbeit, nach Mitteilung aus Konstanz, wo sich das Direktorium der Fabrik befindet, von diesem auf keinen Fall zu erwarten sei, es vielleicht eine Aufgabe, der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften würdig sein könnte, die Buchttiefe zu ergründen, was um so leichter gewagt werde konnte, da mir versichert wurde, die Direktion würde, im Falle Wasser in guter Beschaffenheit und von genügender Menge erschrottet werden sollte, die aufgelaufenen Kosten gerne vergüten. Freilich sollte eine Weiterbohrung zwischen 600 und 800 m für das laufende Meter 130 Kr. kosten, was 13 000 Kr. schon bis 700 m ausgemacht haben würde.

Ich schrieb sofort an Professor Ed. Suefs. — Schon die erste Antwort (vom 26. Februar) liefs meine Erwartung sinken, sie enthielt nämlich die Worte, „nicht viel Hoffnung“. — Wäre Zeit gewesen, ich hätte noch an anderen Stellen angepocht. Aber wenig Hoffnung ist immer noch Hoffnung. Diese wurde aber in einem ausführlichen Schreiben vom 28. Februar wieder vermindert. Prof. Suefs schrieb, dafs, wenn die Bohrung in Liesing sich befinde — (eine nähere Angabe durfte ich früher nicht machen, da die ganze Sache, bis zum Entschlusse der endgültigen Einstellung, mir nur als streng vertraulich mitgeteilt worden war) — „das Liegende fast zu Tage abgelesen werden könnte, wodurch das Unternehmen wesentlich an wissenschaftlichem Interesse“ verliere. Ich schrieb nochmals und wies darauf hin, dafs die Natur des Liegenden auch an anderen Punkten in der Wienerbucht mit einiger Wahrscheinlichkeit vermutet werden könne, und dafs ich in der Ermittlung der Sprunghöhe der Absenkung die wissenschaftliche Hauptaufgabe sehen würde, und dafs eine ähnliche Gelegenheit sich, bei dem Mifserfolge der 600 m-Bohrung, kaum sobald wieder ergeben dürfte. Da Dr. Gorhan drängte, so forderte ich ihn auf, Prof. Suefs aufzusuchen und ihm meinen Brief zu übergeben. Darauf erfolgte die bestimmte mündliche Ablehnung.

Dr. Gorhan schrieb mir am 5. März 1913: „Herr Prof. Suefs erklärte, das Projekt der Weiterbohrung unseres Bohrloches durch die

Akademie der Wissenschaften nicht unterstützen zu können, worauf wir sofort mit der Entfernung der Rohre aus dem Bohrloche begannen."

Damit war die Sache entschieden und ich mufste froh sein, dafs mir die Bohrproben zum Behufe der wissenschaftlichen Untersuchung in ihrer Gänze überlassen wurden, so dafs ich wenigstens die Tiefe des Beginns der Ablagerung des Badener Tegels zu bestimmen hoffen durfte.

Aus dem Briefe, den ich am 29. Februar von Professor Suefs erhalten habe, glaube ich die Ursache seiner Stellungnahme zu entnehmen: die Bohrung lag ihm zu nahe am Gebirgsrande. Die Entfernung der Bohrstelle vom marinen Strande der Bucht bei Kalksburg beträgt jedoch immerhin etwas mehr als 3 km.

Auch die Bohrtiefe des verunglückten Bohrbrunnens beim Brunner Felsenkeller, bis zur Erreichung des Grundgebirges in 231.4 m, läfst, bei der geringen Entfernung vom Grundgebirgsrande, auf einen sehr steilen Hang desselben schliefsen, wie es der Vorstellung von einem „Bruchrande der Ostalpen" entspricht.

Aber selbst bei einem Abböschungswinkel, von Kalksburg gegen das Liesinger Bohrloch, von 30° ergäbe sich, schon für eine Entfernung von nur 1000 m eine Tiefenlage des Böschungshanges in 600 m, in 2000 m Entfernung in ca. 1200 und in 3000 m Entfernung in ca. 1800 m, in einer Tiefe also, welche weit gröfser wäre als für die Sprunghöhe der Absenkung aller Wahrscheinlichkeit nach angenommen werden dürfte, sie müfste denn die gröfsten Tiefen der Adria oder des Ägäischen Meeres weit übertroffen haben.

Ein Böschungswinkel wie der beim Brunner Felsenkeller angenommen, würde auf Tiefen führen, welche als Abgründe zu bezeichnen wären, wie sie gewifs nicht anzunehmen sein werden: schon bei 500 m Entfernung auf etwa 850, bei 1000 m Entfernung auf 1700, bei 2000 m Entfernung auf 3400 und bei 3000 m auf über 5000 m! Es wären dies geradezu ozeanische Tiefen.

Unter der bei einem „Bruchrande" gewifs erlaubten Annahme, der Böschungswinkel betrage 45°, käme man bei 2 km Entfernung vom damaligen Ufer auf eine Tiefe von 2000 m, in 3 km Entfernung auf 3000 m Tiefe oder auf etwa 2780 m unter dem Spiegel der Adria, also auf eine Tiefe weit gröfser als die gröfste Tiefe derselben.

Solche Erwägungen hatten mich veranlafst Herrn Professor Suefs anzuregen, der kaiserlichen Akademie die Frage vorzulegen, ob es nicht lohnend wäre, die bis auf 600 m für die Akademie kostenlos erreichte Tiefbohrung fortzusetzen. Aus dem erwähnten Antwortschreiben vom 28. Februar ersah ich, dafs mehrere der Mitglieder der Akademie, mit welchen Prof. Suefs gesprochen hatte, bereit gewesen wären, einen beträchtlichen Betrag für eine Fortsetzung der Bohrung „bis zu 700 oder 800 m Tiefe à fond perdu zu wagen“. Herrn Prof. Suefs war jedoch die Lage der Bohrung nicht weit genug vom Abbruchrande entfernt, und so unterblieb die Sache zu meinem Leidwesen.

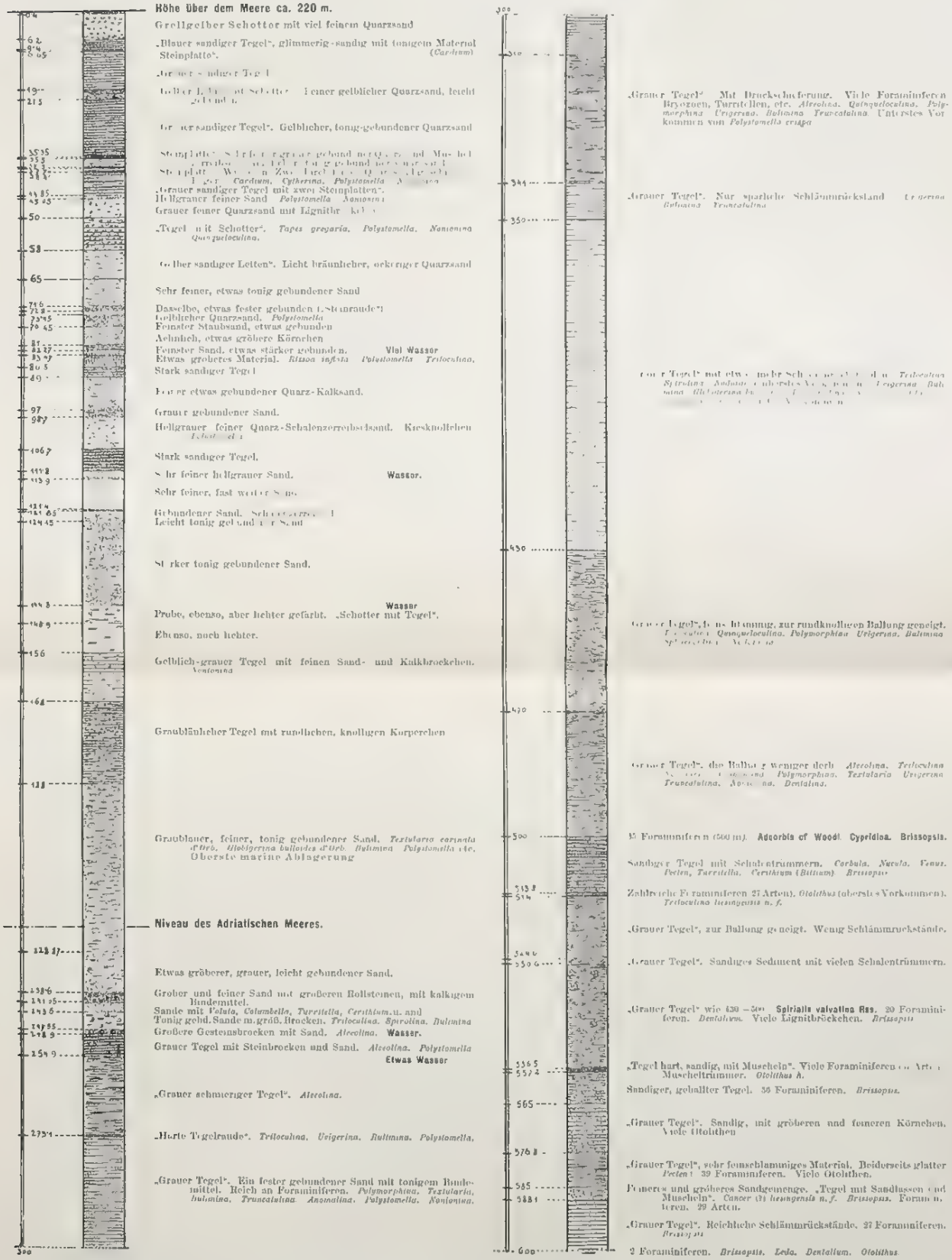
Wenn ich die vorstehenden Ausführungen gebe, so geschieht dies aus dem Grunde, weil mir aus der Unterlassung eines Versuches die Bohrung fortzusetzen, ein Vorwurf hätte gemacht werden können.

Als ich später, nachdem die Röhren ausgezogen waren, einem ehemaligen Hörer unserer Hochschule, einem reichen und sachverständigen Manne von der Bohrung erzählte, meinte er: „warum sind sie nicht damit zu mir gekommen?“

Ich hatte mich sonach an die falsche Adresse gewendet, als ich meinte, gerade Herrn Prof. Suefs müfste die Frage ganz besonders interessieren, da wir ihm ja so viel von dem verdanken, was wir, vor allem von den Oberflächenbildungen des Tertiärbeckens von Wien, wissen.

Profil der Tiefbohrung der Verkohlungs-Industrie-Aktiengesellschaft in Liesing.

Nach den Bohrproben.[1])



[1]) Diese Bohrproben befinden sich nun in der chemischen Fabrik. Je eine kleine Menge im Bohrarchive der k. k. Geologischen Reichsanstalt. Die von mir ausgeschlämmten organischen Reste dermalen in der Sammlung der Lehrkanzel für Mineralogie und Geologie an der k. k. Technischen Hochschule in Wien.
Angaben der Bohrrapporte in „".

NOVA ACTA.

Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher.

Band C. Nr. 4.

Über den Nitratgehalt des Ozeanwassers und seine biologische Bedeutung.

Von

K. Brandt.

Eingegangen bei der Akademie am 11. April 1914.

HALLE.

1915.

Druck von Ehrhardt Karras G. m. b. H. in Halle (Saale).

Für die Akademie in Kommission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

Verzeichnis der angeführten Literatur.

1. Baur, Erwin, Über zwei denitrifizierende Bakterien aus der Ostsee. Wiss. Meeresunters. Kiel. Bd. 6. 1902.
2. Beijerinck, M. W., Over Lichtvoedsel en plastisch Voedsel van Lichtbakterien 1890. Versl. en Meddel. Kon. Akad. Wetensch. Afd. Naturk. 2. Reeks Deel VII (nach Gran 18).
3. Brandt, Karl, Über den Stoffwechsel im Meere. Wiss. Meeresunters. Kiel. Bd. 4. 1899.
4. —, Über den Stoffwechsel im Meere. 2. Abhandl. Ebd. Bd. 6. 1902.
5. —, Über die Bedeutung der Stickstoffverbindungen für die Produktion im Meere. Beihefte z. Bot. Centralbl. Bd. 16. 1904.
6. —, Über die Produktion und die Produktionsbedingungen im Meere. Rapports et Procès-verbaux du Conseil international pour l'exploration de la mer. Vol. III. Anlage D zum Gesamtbericht für 1902—04. 1905.
7. —, Bericht über allgemeine biologische Meeresuntersuchungen. 1. u. 2. Jahresbericht. Beteiligung Deutschlands an der Internationalen Meeresforschung. Berlin 1905.
8. —, Desgl. 3. Jahresbericht. 1906.
9. —, Desgl. 4. u. 5. Jahresbericht. 1908.
10. —, Die wichtigsten Ergebnisse der im Kieler Meereslaboratorium ausgeführten Untersuchungen über die anorganischen Stickstoffverbindungen des Meerwassers. Rapports et Procès-verbaux des Réunions de Cons. intern. pour l'explor. de la mer. Vol. XIII. Kopenhagen 1911. (Protokoll der Plankton-Sektion 26. Sept. 1910.)
11. Brennecke, W., Ozeanographie. Forschungsreise S. M. S. „Planet" 1906/07. III. Bd. nebst Tafeln. Berlin 1909.
12. Feitel, R., Beiträge zur Kenntnis denitrifizierender Meeresbakterien. Wiss. Meeresunters. Kiel. Bd. 7. 1903.
13. Gazert, H., Mitteilungen über das Vorkommen und die Tätigkeit der Bakterien im Meer. Verhandl. XV. Deutsch. Geographentages zu Danzig 1905. Berlin 1905.
14. —, Untersuchungen über Dentrifikation und Nitrifikation im Meere während der Reise des „Gauss" usw. Deutsche Südpolar-Expedition 1901—03. VII. Bd. 1909. S. 120.
15. Gebbing, Chemische Untersuchungen von Meeresboden-, Meerwasser- und Luftproben der Deutschen Südpolar-Expedition 1901—03, gesammelt von Gazert und Philippi, Deutsche Südpolar-Expedttion. VII. 1909.
16. —, Über den Gehalt des Meeres an Stickstoffnährsalzen. Untersuchungsergebnisse der von der Deutschen Südpolar-Expedition (1901—03) gesammelten Meerwasserproben. Intern. Revue Hydrogr. u. Hydrobiol. 3. Bd. 1910.

17. Gräf, Biologie. Forschungsreise S. M. S. „Planet“ 1906/07. IV. Bd. Berlin 1909.
18. Gran, H. H., Studien über Meeresbakterien I. Reduktion von Nitraten und Nitriten. Bergens Museums Aarbog 1901 Nr. 10. 1902.
19. —, Pelagic Plant Life. Chapter VI in Murray u. Hjort, The Depths of the Ocean. London 1912. P. 307—386.
20. Hensen, V., Einige Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung. Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Berlin 1890.
21. —, Mitteilung einiger Ergebnisse der Plankton-Expedition. Verhandl. Gesellsch. Deutsch. Naturf. Leipzig 1893.
22. Nathansohn, A. Über die Bedeutung vertikaler Wasserbewegung für die Produktion des Planktons im Meere. Abh. Sächs. Gesellsch. Wissensch. 29. Bd. Leipzig 1906.
23. Raben, E., Uber quantitative Bestimmung von Stickstoffverbindungen im Meerwasser, nebst einem Anhang über die quantitative Bestimmung der im Meerwasser gelösten Kieselsäure. Wiss. Meeresunters. Kiel. Bd. 8. 1904.
24. —, Weitere Mitteilungen über quantitative Bestimmungen von Stickstoffverbindungen und von gelöster Kieselsäure im Meerwasser. Wiss. Meeresunters. Kiel. Bd. 8. 1905.
25. —, Dritte Mitteilung über quantitative Bestimmungen von Stickstoffverbindungen und von gelöster Kieselsäure im Meerwasser. Wiss. Meeresunters. Kiel. Bd. 11. 1910.
26. —, Vierte Mitteilung über quantitative Bestimmungen von Stickstoffverbindungen im Meerwasser und Boden, sowie von gelöster Kieselsäure im Meerwasser. Wiss. Meeresunters. Kiel. Bd. 16. 1914.
27. Schott, G. Geographie des Atlantischen Ozeans. Hamburg 1912.
28. Thomsen, C., Über das Vorkommen von Nitrobakterien im Meere. Wiss. Meeresunters. Kiel. Bd. 11. 1908.

I.

Einleitung.

In meinen beiden Abhandlungen über den Stoffwechsel im Meere (3, 4) und einigen weiteren kurzen Aufsätzen (5—10) habe ich die Produktionsbedingungen im Meere näher betrachtet. Ich wies darauf hin, dafs für die Stärke der Produktion im Meere aufser Licht und Wärme selbstverständlich auch die anorganischen Nährstoffe der Pflanzen in Betracht kommen, und dafs bezüglich sämtlicher Produktionsbedingungen — wie überall in der Natur — auch im Meere das Gesetz des Minimum gelten mufs. Das Meerwasser bezeichnete ich als eine Pflanzennährlösung, die manche der zum Gedeihen der Meeresalgen unbedingt erforderlichen anorganischen Nährsubstanzen im Überflufs, andere in geringer Menge und noch andere nur in äufserst geringen Spuren enthält.

Wenn nach den Befunden der Plankton-Expedition trotz besonders günstiger physikalischer Produktionsbedingungen relative Planktonarmut z. B. in den warmen Meeren angetroffen wird, so erschien mir im Anschlufs an Hensen (1890) die Annahme die nächstliegende, dafs alsdann in den chemischen Produktionsbedingungen die Ursache des geringeren Gedeihens der Algen — dem Gesetz des Minimum entsprechend — zu suchen ist. Dabei kommen die nur in Spuren vertretenen, unentbehrlichen Pflanzennährstoffe in Betracht, und zwar in erster Linie anorganische Stickstoffverbindungen (Ammoniak, Nitrit und Nitrat), phosphorsaure Salze und für Diatomeen auch gelöste Kieselsäure, eventuell auch Kohlensäure, Jodverbindungen und der Grad der Alkalinität.

Erstens waren durch möglichst einwandfreie Methoden zuverlässige Werte für den Gehalt des Meerwassers an diesen nur äufserst spärlich vertretenen Nährstoffen — nicht blofs im Oberflächenwasser, sondern auch

in tieferen Schichten, in Hochsee-, wie in Seichtwassergebieten und zu verschiedenen Jahreszeiten — zu ermitteln, um auch die Art der Ergänzung kennen zu lernen. Daneben war durch chemische Analyse von solchen Diatomeen, Peridineen und Schizophyceen, die zeitweilig in grofsen Mengen auftreten, nicht blofs die Zusammensetzung dieser Organismen aus organischer Trockensubstanz und Asche, sondern auch ihr Gehalt an C, N, P und eventuell $Si O_2$ festzustellen. Auf diese Weise konnten zuverlässige Unterlagen für den Grad der Inanspruchnahme der einzelnen im Wasser nur spurenweise gelösten Nährstoffe durch die verschiedenen Gruppen von Algen des freien Wassers erhalten werden. Die dabei gewonnenen Ergebnisse waren durch Kulturversuche der betreffenden Algen in verschieden zusammengesetzten Nährlösungen und bei verschiedener Temperatur zu prüfen.

Zweitens war es nötig, für die einzelnen Nährstoffe, die eventuell im Minimum vertreten sein können, möglichst den ganzen Kreislauf im Meere kennen zu lernen. Dabei mufste von dem Bestande des Meeres an Stickstoffverbindungen z. B. klar gesondert werden einerseits die Zufuhr von den Flüssen des Festlandes, sowie von der Atmosphäre aus, und andererseits der eventuelle Verlust.

Ich stellte 1899 (3) die Hypothese auf, dafs die Ursache für die relative Armut der warmen Meere vermutlich in dem besseren Gedeihen von gewissen Bakterien zu suchen sei und in dem Einflufs, den diese Bakterien auf den Gehalt des Wassers an Stickstoffverbindungen ausüben. Wegen der unaufhörlichen Zufuhr von gelösten Stickstoffverbindungen durch die atmosphärischen Niederschläge und durch die Flüsse müfste, wie ich näher darlegte, der Ozean im Laufe der Jahrtausende längst verjaucht sein, wenn nicht durch denitrifizierende Bakterien eine Selbstreinigung des Wassers infolge Reduktion der Nitrite und Nitrate unter Bildung von elementarem Stickstoff stattfände. Wenn nun diese denitrifizierenden Bakterien mit Zunahme der Temperatur besser gedeihen und eine stärkere zerstörende Wirkung entfalten, so wird einer der wichtigsten Pflanzennährstoffe, der für die Bildung von Eiweifs unentbehrlich ist, vorzugsweise in den warmen Meeresteilen zerstört werden.

Aus dieser Arbeitshypothese ergab sich als nächste Aufgabe, denitrifizierende und möglichst auch nitrifizierende Bakterien im Meer aufzufinden

und ihre Lebensbedingungen näher kennen zu lernen. Unabhängig davon mufsten einwandfreie Meeresproben aus verschiedenen Gebieten und verschiedenen Tiefen beschafft und unter Verbesserung der Methoden auf die verschiedenen spurenweise vertretenen Pflanzennährstoffe sorgfältig untersucht werden.

In Erwin Baur fand ich einen ausgezeichneten Mitarbeiter für das erstere Vorhaben. Die schönen Ergebnisse über den Nachweis echter, elementaren Stickstoff abspaltender, denitrifizierender Bakterien in der Kieler Bucht hat Baur (1) veröffentlicht, eine vorläufige Mitteilung über nitrifizierende Bakterien in der Kieler Bucht und über die Bedeutung der Wärme für die Denitrifikation habe ich selbst gegeben (3, S. 48—51, 73). Auf Grund dieser ersten Arbeiten konnte ich Dr. Gazert, dem Arzt der Deutschen Südpolar-Expedition, weitere Untersuchungen mit Baurs Nährlösung und das Sammeln von gut vergifteten Wasserproben zu späteren quantitativen Untersuchungen über die anorganischen Stickstoffverbindungen im offenen Ozean empfehlen.

Angeregt durch Baurs Arbeit, hat Gran bei Beijerinck mittels eines anderen Kulturverfahrens physiologisch anders sich verhaltende denitrifizierende Bakterien im Meerwasser der niederländischen Küste nachgewiesen und eingehend studiert. Er teilt (18) auch mit, dafs schon 1890 Beijerinck den Nachweis erbracht hat, dafs gewisse Bakterien Nitrate bis zu Nitriten reduzieren können. Kurze Zeit nach Baurs Austritt aus dem Kieler Zoologischen Institut dehnte sein Nachfolger, R. Feitel, auf meine Veranlassung erst allein (12), nach Begründung des Meereslaboratoriums (April 1902) in Gemeinschaft mit mir, die Untersuchungen über denitrifizierende Bakterien auf die offene Ost- und Nordsee mit beiden, nach und nach modifizierten Kulturmethoden aus. Über diese fortgesetzten Untersuchungen ist bisher nur wenig veröffentlicht (5, 8, aufserdem Methodisches von Gräf 17). Die ausführliche Arbeit wird später erscheinen. Gräf hat dann 1906 und 1907 die verschiedenen von Feitel empfohlenen Nährlösungen auf der „Planet"-Expedition in ausgedehntem Mafse und mit grofsem Erfolge angewandt, während Gazert an dem Material der Südpolar-Expedition zu dem Resultat kam: „Die Regel war ein negativer Befund" (14, S. 121). Aufserdem sind von russischen Forschern und neuerdings auch von Drew u. a.

Arbeiten über denitrifizierende Bakterien in verschiedenen Meeresgebieten veröffentlicht worden.

Gräf verdanken wir den Nachweis „einer ganz allgemeinen Verbreitung denitrifizierender Bakterienarten im Oberflächenwasser nicht nur der Randgebiete der Ozeane, sondern auch der landfernsten Meeresgebiete, soweit sie vom Kurs S. M. S. ‚Planet' gekreuzt wurden". Auch in Bodenwasser aus 4358 m Tiefe (Temperatur 1,4°) konstatierte er zahlreiche denitrifizierende Bakterien, die neben Fäulnisbakterien in Baurs Nährlösung gut gediehen. Gräf hat 17 neue Arten von denitrifizierenden Bakterien, sämtlich von der Oberfläche stammend, isoliert und näher beschrieben; acht davon gedeihen in Baurs Nährlösung, die anderen in Grans Lösung, einige Arten der letzteren zerstörten aber nur sehr langsam das Nitrat. Die Nährlösung nach Baur bietet den denitrifizierenden Bakterien als organisches Nährmaterial Eiweifsstoffe dar, die nach Gran stickstofffreie organische Substanzen (Kohlehydrate). Beide Lösungen enthalten reichlich Nitrat (0,1 bezw. 0,2 %). Wie schon Baur und ich, sowie Feitel hat auch Gräf sich davon überzeugt, dafs alle denitrifizierenden Bakterien, die in Reinkultur oder gemischt mit anderen Bakterien untersucht wurden, bei höherer Temperatur bedeutend schneller das Nitrat zerstörten als bei niedriger. Manche Ostsee-Arten führen auch bei Temperaturen, die nur wenig über 0° betragen, vollständige Denitrifikation herbei, doch brauchen sie dazu sehr lange Zeit (3, S. 50; 12, S. 108, 109).

Von Gräf und Gran sind einige Einwendungen gemacht, auf die ich kurz eingehen mufs. Gräf (S. 74) hat sich darüber gewundert, dafs die allgemein verbreiteten denitrifizierenden Bakterien in den oberen Wasserschichten der Tropenmeere nicht (wie in den Nährlösungen) die Sauerstoffverbindungen des Stickstoffes vollkommen zerstören, und sieht darin einen Grund gegen meine Annahme von der grofsen, vielleicht sogar ausschlaggebenden Bedeutung der Denitrifikation. Ähnliche Bedenken sind auch sonst wiederholt geäufsert, z. B. von Nathansohn (22), Gebbing und Gran (19). In den Nährlösungen wird den Bakterien reichlich organische Substanz (N-freie oder N-haltige) dargeboten und aufserdem etwa 2000 mal soviel Nitrat-Stickstoff, wie im Tropenmeere durchschnittlich

in den oberen Wasserschichten vorhanden ist (s. u.). Unter natürlichen Verhältnissen finden sie — besonders in den an Organismen ärmeren tropischen Hochseegebieten — nur hier und da organische Nährstoffe in Form von Kot und anderen Ausscheidungsstoffen oder von faulenden kleineren oder gröfseren Organismen, und die Konzentration an Nitraten ist eine äufserst minimale im Vergleich zu den Nährlösungen. Da, wo den denitrifizierenden Bakterien viel Nitrat und in reicherem Mafse organische Stoffe und Detritus aller Art zur Verfügung stehen, wie z. B. an den Mündungen von Flüssen und Sielen, zerstören sie auch in kurzer Zeit sehr viel Nitrat. In manchen Jahreszeiten ist, wie ich später zeigen werde, der Nitratgehalt des Nordseewassers unweit der Elb- und Wesermündung geringer, als zur gleichen Zeit in allen untersuchten Wasserschichten der Nordsee. Die „Selbstreinigung" findet auf hoher See ebenfalls statt, nur ist sie aus den angedeuteten Gründen weniger augenfällig. Gran bezeichnet neuerdings (19, S. 369) meine Hypothese aus anderen Gründen als unhaltbar. Die denitrifizierenden Bakterien benötigen organische Substanz und müssen, um freien N abzugeben, Nitrite oder Nitrate zur Verfügung haben. Die geringen Quantitäten von N_2O_5 und N_2O_3 im Seewasser stammen, seiner Meinung nach, vom Lande oder von der Atmosphäre; Nitrifikation finde im Meere nicht statt, und die meisten Stickstoffverbindungen des Meeres seien als Ammoniumsalze oder als organische Verbindungen vertreten, von denen keine durch Denitrifikation reduziert werden kann. Diese Annahmen enthalten verschiedene Irrtümer, die ich zum Teil erst in einer späteren Arbeit zu widerlegen habe. Nach Gran (19, S. 370) können die denitrifizierenden Bakterien Nitrate angreifen, wo immer sie sie finden, ihren Sauerstoff sich aneignen und Stickstoff abgeben, aber die Denitrifikation ist nicht von irgend welcher Wichtigkeit, wenn die Bakterien freien Sauerstoff in ihrer Umgebung finden. Nach meiner Ansicht würden die überall in den oberen Wasserschichten vertretenen winzigen Zerstörer in tierischen Ausscheidungen und faulenden kleinen Organismen auch die von Gran vermifste niedrige Sauerstoffspannung finden. Aber diese neueren Überlegungen Grans stehen in Widerspruch zu dem, was Baur experimentell ermittelt und Gran durch eigene Versuche bestätigt hat. Ich gebe am besten seine eigenen Worte wieder (18, S. 16): „Die meisten Denitrifikationsbakterien sind entschieden aërobe

Arten, sowohl Wachstum, wie auch Denitrifikation gehen bei niedriger Sauerstoffspannung nur sehr langsam vorwärts... Baur hat für seine zwei Arten gefunden, dafs Wachstum und Denitrifikation durch gutes Lüften begünstigt wird; in dünner Schicht werden die Nitrate schneller reduziert als in hohen Röhren. Dasselbe habe ich auch sowohl für B. Henseni in Reinkultur als auch für die Arten aus der repens-trivialis-Gruppe gefunden. Wenn die Bakterien in Smiths Gährungskölbchen kultiviert wurden, konnte in der offenen Kugel das Nitrit ganz reduziert sein, während es in der geschlossenen Röhre noch ziemlich reichlich vorhanden war. Es ist also sehr wahrscheinlich, dafs auch die hohe Sauerstoffspannung der Meeresoberfläche für die Denitrifikation nur günstig sein wird. Ganz sicher ist es aber nicht." Ganz zugunsten des von Baur geführten Nachweises spricht ein „Verdünnungsversuch", den Feitel 1905 ausgeführt hat. Gräf erwähnt ihn in seiner Arbeit (17, S. 75). Im Meere finden sich, wie wir jetzt wissen, besonders in den oberen Schichten und am Grunde (für den Boden der Nord- und Ostsee ist der Nachweis von uns geführt) zahlreiche dentrifizierende Bakterien, die verschiedenen Arten angehören, demgemäfs auch verschiedene Lebensansprüche stellen und entweder auf N-haltige oder auf N-freie Nährstoffe angewiesen sind. Alle werden in ihrem Gedeihen durch Wärme begünstigt. Sie finden aber nicht überall und zu jeder Zeit diejenigen Bedingungen, die sie in den Stand setzen, Nitrate durch Abspaltung von elementarem Stickstoff zu zerstören. Nitrat ist überall im Meerwasser vorhanden, aber in sehr geringer Konzentration, besonders im warmen Wasser. Denitrifizierende Bakterien sind in jedem ccm Oberflächenwasser der Hochsee vertreten. Kot von Tieren und Leichen kleiner Planktonorganismen bieten organische Nahrung. An oder in geeigneten Substraten können in der Nähe befindliche Keime zu kleinen Herden sich vermehren und von dem Nitratgehalt winzige Bruchteile zerstören. Aufserordentlich zahlreiche sehr kleine Wirkungen summieren sich im Laufe der Zeit zu einem erkennbaren Resultat.

Bezüglich der zu gewinnenden Wasserproben wies ich (4, S. 55) darauf hin, dafs solches Wasser, das später auf den Gehalt an Stickstoffverbindungen untersucht werden soll, gut zu vergiften ist (1 g $HgCl_2$ auf 1 l Wasser), weil sonst Umsetzungen durch Bakterien im Laufe der

Zeit eintreten, und daſs bei der Geringfügigkeit der gelösten Stickstoffverbindungen nur tadellos saubere Flaschen mit eingeriebenem Glasstöpsel für die vorläufige Aufbewahrung einwandfrei sind. Für solche Wasserproben, die auf Kieselsäure untersucht werden sollen, ist nicht bloſs das schon von Murray empfohlene Abfiltrieren des Planktons nötig, sondern vor allem auch Anwendung von Zinkblech- oder besser Bleiflaschen, statt der, groſse Fehler herbeiführenden, Glasflaschen erforderlich (7, S. 14).

Nach Begründung des Meereslaboratoriums habe ich dann in Dr. E. Raben einen sehr sorgfältig arbeitenden Chemiker als Assistenten und Mitarbeiter gewonnen, dem in erster Linie die weitere Entwicklung der Methoden für die quantitativen Untersuchungen über spurenweise vertretene Nährstoffe (Stickstoffverbindungen, Kieselsäure und Phosphorsäure) und ihre ausgedehnte Anwendung auf die — teils durch mich von verschiedenen Expeditionen, teils von Raben selbst bei den „Poseidon"-Fahrten beschafften — Wasserproben zu verdanken ist.

Von dem groſsen, nunmehr vorliegenden Material zur Prüfung der aufgeworfenen allgemeinen Fragen berücksichtige ich in dieser Arbeit in erster Linie dasjenige über den Gehalt des Ozeanwassers an Nitrat, Nitrit und Ammoniak. Die quantitativen Untersuchungen, die Raben über den Gehalt des Seewassers und des Meeresbodens in der Nord- und Ostsee und in der Barents-See, sowie über den Gehalt der Wasserproben aus dem Mittelmeer, aus norwegischen Fjorden und aus der Gegend von Spitzbergen ausgeführt hat, werde ich in einer anderen Abhandlung bald im Zusammenhange behandeln und dann auch auf die Bakterienuntersuchungen, die quantitative Planktonmethode und den Stoffwechsel im Ozean näher eingehen.

Sind auch die bis jetzt vorliegenden Proben bei weitem nicht ausreichend, um über die Verteilung z. B. der verschiedenen anorganischen Stickstoffverbindungen im Ozean zu einem klaren Bilde zu gelangen, so ist eine nähere Bearbeitung doch nicht bloſs lohnend, sondern sogar notwendig, teils für die weitere Fragestellung, teils um Angriffe allgemeinerer Art zurückzuweisen.

II.

Die angewandte Methode zum Nachweis der Stickstoffverbindungen.

Bis zum Anfang dieses Jahrhunderts galt der irrtümliche Satz von Schlösing (1875), dafs die Landwässer reich an Nitraten, das Meerwasser dagegen reicher an Ammoniak ist, und dafs die Zersetzung der organischen Wesen, welche auf dem Festland eine Quelle für die Salpetersäurebildung ist, im Meerwasser im Gegenteil zu einer Ammoniakquelle wird. Es lagen zwar quantitative Untersuchungen über den Ammoniakgehalt des Meerwassers vor, nicht aber über den Gehalt an Nitrat und Nitrit. Die zahlreichen Werte über den Gehalt des Meerwassers an Ammoniak, die Natterer bei seinen gründlichen und zuverlässigen Untersuchungen über das Wasser des östlichen Mittelmeeres, des Marmara- und des Roten Meeres angegeben hat, habe ich (4, S. 56—61) umgerechnet, tabellarisch nach Tiefe der Probeentnahme usw. zusammengestellt und zur Berechnung des Mittelwertes des Ammoniakgehaltes des freien Wassers verwendet (0,050 mg in 1 l oder 50 mg in 1 cbm). Von der Begründung des mir unterstellten Biologischen Meereslaboratoriums (Frühjahr 1902) an habe ich darauf hingewirkt, dafs wirklich einwandfreie, entweder gut vergiftete oder gleich nach der Entnahme untersuchte Wasserproben von der Oberfläche oder aus tieferen Schichten nicht blofs auf ihren Gehalt an Ammoniak, sondern aufserdem auch auf den an Nitrat + Nitrit sorgfältig untersucht wurden. Das Auffinden einer brauchbaren Methode zum quantitativen Nachweis von Nitrat und Nitrit hat meinem Mitarbeiter Dr. Raben viel Mühe und Zeit gekostet.

Die Methode ist im wesentlichen folgende:

1. Wenn vergiftete Wasserproben (1 g $HgCl_2$ auf 1 l Wasser) vorliegen, so werden zunächst 100 ccm des Wassers, dem etwas Magnesiumoxyd zugegeben ist, in einem Kölbchen erhitzt. Das abdestillierte Ammoniak wird mit Nesslers Reagens kolorimetrisch nachgewiesen. Der Destillationsrückstand enthält Nitrat und Nitrit. Um das Quecksilberchlorid auszufällen, wird Alumiumblech zugegeben (früher verwandte Raben Magnesium), so dafs Aluminiumamalgam entsteht. Zur vollständigen Reduktion des Nitrats und Nitrits mufs noch weiteres Aluminiumamalgam (in der ersten Zeit benutzte Raben Natrium- statt Aluminium-Amalgam) hinzugefügt werden. Das vollständig in Ammoniak übergeführte Nitrat und Nitrit wird abdestilliert und mit Nesslers Reagens quantitativ bestimmt.

2. Zum Vergleich werden 100 ccm des vergifteten Seewassers in einem Kölbchen mit Aluminiumblech versetzt, um das Quecksilber auszufällen. Darauf wird zur vollständigen Reduktion von Nitrat und Nitrit Aluminiumamalgam zugefügt. Destilliert man dann das Ammoniak über, so erhält man den gesamten, in anorganischer Form gebundenen Stickstoff, sowohl denjenigen, der in Form von NH_3, als auch den, der in Form von $N_2O_5 + N_2O_3$ vertreten gewesen ist.

Wenn das Wasser nicht vergiftet war, fällt bei beiden auszuführenden N-Bestimmungen die Behandlung mit Aluminiumblech fort. Wiederholte Kontrollversuche von Raben haben ergeben, dafs das im frisch geschöpften und sofort in Arbeit genommenen Seewasser suspendierte Plankton keine Rolle bei diesem Verfahren spielt. Bei vergifteten Proben ist es abgesetzt, so dafs das Wasser ohne Plankton der Untersuchung unterworfen werden kann. Nathansohns Einwendungen nach dieser Richtung sind hinfällig. Wenn man freilich sehr bedeutende Quantitäten von Planktonorganismen (z. B. das aus mehreren Kubikmetern abfiltrierte Plankton) zu den 100 ccm hinzuführt und ohne Absetzenlassen frisch verarbeitet, so erhält man selbstverständlich fehlerhaft mehr abspaltbares Ammoniak.

Ein wichtiger Kontrollversuch mit 20 verschiedenen Proben hat ergeben, dafs — sogar bei der früheren, etwas fehlerhaften Reduktionsmethode mittels Natriumamalgams — die von anderer Seite (von Prof. Rodewald) zu Meerwasser zugesetzten Mengen anorganischer Stickstoffverbindungen von Dr. Raben der Ordnung nach im wesentlichen richtig erkannt und

mit einem mittleren Fehler von ± 30 %, auch wenn es sich nur um äufserst geringe Spuren handelte, wiedergefunden wurden (23, S. 92). Dieser mittlere Fehler wird durch Rabens weitere Vervollkommnung der Methode (Aluminium-Amalgam statt Natrium-Amalgam) noch bedeutend verringert sein, wie das auch aus den Paralleluntersuchungen, die von jeder Probe gemacht sind, ersichtlich ist. Die stets von Raben in Prozenten angegebene Differenz beider Bestimmungen ist geringer geworden. Raben hat auch seine zahlreichen Kontrollversuche mit frisch untersuchten und vergifteten, nach Wochen und Monaten untersuchten Proben mitgeteilt. Sie ergaben zwar gewisse Abweichungen der Einzelbestimmungen, zugleich aber auch die Übereinstimmung der Mittelwerte. Wenn also die Werte, die nach dem Verfahren von Raben erhalten sind, keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit erheben können, so sind die Verschiedenheiten der Proben namentlich im Gehalt an Nitrat-Stickstoff doch meist so erheblich, dafs sie nicht mehr in die Fehlergrenzen fallen.

Durch neuere Untersuchungen hat Raben Nitrat und Nitrit gesondert quantitativ bestimmt (26). Diese ergaben in allen Proben der oberen Wasserschichten so verschwindend geringe Werte für Nitrit, dafs sie für die zahlenmäfsige Wiedergabe nicht in Betracht kommen. In dem Wasser unmittelbar über dem Boden fand er zwar (mit Reagens nach P. Gries, verbessert von Ilosvay) erkennbare Mengen, doch nicht soviel, dafs man etwa sagen könnte, das Nitrit sei neben dem Nitrat von Bedeutung. Auf Grund der neuen Untersuchungen werde ich im Text oft der Kürze wegen von Nitratgehalt sprechen, statt von dem Gehalt an Nitrat + Nitrit; denn die Zahlenangaben sind — wie jetzt festgestellt ist — auf Nitrat-Stickstoff zu beziehen.

Dr. Raben hat im Kieler Meereslaboratorium auf meine Veranlassung die auf den Terminfahrten des „Poseidon“ (Februar, Mai, August und November) der drei Jahre 1904—1906 gesammelten rund 400 Proben von Nord- und Ostseewasser auf den Gehalt an Ammoniak sowie von Nitrat + Nitrit untersucht (23—25). Bei späteren „Poseidon“-Fahrten hat er in Wasserproben auch den Gehalt an Albuminoid-Ammoniak festgestellt und die Untersuchungen über anorganische Stickstoffverbindungen auch auf zahlreiche Bodenproben ausgedehnt (26).

Aufserdem sind nach seinen Methoden im Kieler Laboratorium auch entsprechende Untersuchungen von etwa 300 Proben aus den drei Ozeanen, dem Mittelmeer, dem antarktischen Gebiet usw. ausgeführt worden, teils von Dr. Raben selbst, teils unter seiner Anleitung von Dr. Gebbing und Marine-Stabsarzt Dr. Gräf. Der erstere hat die Proben des „Gaufs", der letztere die von S. M. S. „Planet" untersucht. Über die Ergebnisse der Untersuchungen bezüglich der Wasserproben des „Gaufs" hat zunächst Gazert (13), der auf meine Anregung hin die Proben während der Südpolar-Expedition gesammelt und ergänzende Studien über denitrifizierende und nitrifizierende Bakterien angestellt hatte, in mir zustimmendem, dann Gebbing (15) in entschieden ablehnendem Sinne berichtet. Er ist der gänzlich irrigen Ansicht, eine endgültige Entscheidung der Stickstoffrage herbeigeführt zu haben.

Aufser den im nächsten Abschnitt in einer Tabelle zusammengestellten 114 Wasserproben des „Planet" verwerte ich in dieser Arbeit noch die vom „Gaufs" und ziehe zur Ergänzung noch 15 Oberflächenproben der Hochsee heran, die ich Herrn Heynacher verdanke. Raben hat die von ihm ermittelten Werte für Stickstoffverbindungen 1910 veröffentlicht (25, S. 311). Die einzelnen Werte für anorganische Stickstoffverbindungen, die Gebbing bei Untersuchungen der „Gaufs"-Proben erhalten hat, finden sich in seinen beiden Arbeiten übersichtlich zusammengestellt, so dafs ich auf diese Tabellen verweisen kann (15, S. 156—159 und 16, S. 53—56).

III.

Die Wasserproben von S. M. S. „Planet".

Von den Untersuchungsreihen, die bis jetzt für den offenen Ozean vorliegen, ist diejenige von S. M. S. „Planet" die vollständigste und für eine eingehende Betrachtung am meisten geeignet. Dr. Gräf, der die Proben nach meiner Instruktion nicht nur gesammelt, sondern auch untersucht hat, gibt auch eine kurze Zusammenstellung von vorläufigen Ergebnissen (17). Eine gründliche Bearbeitung des wertvollen, im Herbst 1909 (wenige Wochen nach Erscheinen der ausführlichen Arbeit von Gebbing) veröffentlichten Materials liegt noch nicht vor. Ich habe nun im nachfolgenden das Zahlenmaterial von verschiedenen Gesichtspunkten aus näher bearbeitet.

Dr. Gräf hat an 72 verschiedenen Positionen der drei Ozeane während der „Planet"-Fahrt im ganzen 114 Wasserproben gesammelt und teils in frischem Zustande an Bord, teils nach Vergiftung mit Quecksilberchlorid im Kieler Meereslaboratorium untersucht. Von diesen 72 Positionen rechne ich 46 zur Hochsee (17 im Atlantischen, 19 im Indischen und 10 im Pazifischen Ozean), die übrigen 26 bezeichne ich als Küstenstationen (2 im Atlantischen, 5 im Indischen und 19 im Pazifischen Ozean). Eine gesonderte Betrachtung der Proben von Hochseestationen einerseits und von Küstenstationen andererseits ist nicht blofs gerechtfertigt, sondern auch wegen der anderen hydrographischen und biologischen Verhältnisse notwendig. Man kann bezüglich der Abtrennung der Küstenproben von den Hochseeproben verschiedener Meinung sein. Ich habe als Küstentationen — ziemlich weitgehend — alle in Landnähe gelegenen Positionen mit einer Wassertiefe von etwa 20 m oder weniger bis höchstens 2200 m gerechnet, nämlich Station 18 und 19 im Atlantik, 27, 29, 38, 39, 43 im Indischen

Ozean und Station 44, 49—55, 59, 62—70 und 72 im Pazifischen Ozean. Sie sind in der folgenden Tabelle durch ein Kreuz bezeichnet, die ganz seichten unter ihnen durch zwei Kreuze. Die Hochseestationen liegen auf gröfserer Wassertiefe (2400 bis 6300 m) und im allgemeinen in beträchtlicherer Entfernung vom Lande.

Die 72 Positionen liegen gröfstenteils im Tropengebiet, nämlich 13 atlantische (St. 5—17 einschliefslich), 13 indische (St. 31—43) und alle 29 pazifischen Stationen (St. 44—72) mit einziger Ausnahme von St. 64, die unter 24° 10′ n. Br. gelegen ist, also etwas nördlich vom Wendekreis des Krebses. Aber auch diese Station 64, nahe Formosa, ist den hydrographischen Verhältnissen nach zu den tropischen zu rechnen, denn die Oberflächen-Temperatur betrug 25.3°, bei den innerhalb der Wendekreise gelegenen altlantischen Stationen 5, 6, 7, 15, 16, 17 dagegen 19.8—23.9° C. Aufser diesen zusammen 55 Tropenstationen sind 4 im Atlantischen Ozean zwischen 31° N bis fast 47° N gelegen (St. 1—4), andererseits sind zwei atlantische Stationen südlich vom Wendekreis des Steinbocks vertreten, nämlich St. 18 und 19 bei 32 bis 33½° s. Br., und im ganzen 11 indische Stationen (St. 20—30) zwischen 24½ und 49½° s. Br.

An den meisten Stationen sind Wasserproben von der Oberfläche untersucht, und zwar an 67 von den 72 Stationen. Aufserdem sind mehrfach Wasserproben aus 400 und 800 m Tiefe mit dem Wasserschöpfer heraufgeholt und dann untersucht. So liegen für 21 Stationen Proben aus 800 m zu quantitativen Bestimmungen des Gehalts an Ammoniak und an Nitrit + Nitrat vor. Endlich sind vereinzelte Proben auch aus anderen Tiefen zur Untersuchung heraufgeholt worden, eine aus 600 m, vier aus 1000 m, eine aus 1500 m, zwei aus 2000 m und eine aus 3000 m. Im ganzen sind 114 verschiedene Wasserproben (67 Oberflächenproben und 47 Tiefenproben) untersucht worden.

Wasserproben von S. M. S. „Planet“ (Dr. Gräf).

Laufende Nr.	Datum	Position		Strömung	Gelotete Tiefe	Schöpftiefe	Wassertemperat.	mg N in 1 cbm als			
		Breite	Länge		m	m	° C	NH_3	N_2O_3 +N_2O_5	Gesamt-N	$N_2O_3 + N_2O_5$ im Mittel
	1906			**Atlant. Ozean**							
1 a	26. 1.	46° 52′ N	7° 4′ W	Golfstrom	4610	0	11.6	**50**	93	94	} **78**
b	„	„	„	„	„	„	„	**53**	120	110	
2	28. 1.	41° 19′ N	11° 31′ W	„	(3690)	„	13.4	**74**	82	135	**71**
3 I	5. 2.	34° 46′ N	11° 9′ W	Kanarienstrom	ca. 4000	800	11.0	**59**	510	550	**500**
II	„	„	„	„	„	400	11.7	**54**	310	340	**298**
III	„	„	„	„	„	0	15.3	**25**	360	380	**358**
4	7. 2.	31° 10′ N	18° 15′ W	„	?	0	17.5	**40**	85	86	**65**
5	12. 2.	19° 37′ N	22° 37′ W	„	?	0	19.8	**80**	120	170	**86**
6 a	19. 2.	13° 16′ N	23° 30′ W	Guineastrom	ca. 4000	0	23.3	**52**	85	89	} **63**
b	„	„	„	„	„	0	„	**67**	110	96	
7	20. 2.	11° 9′ N	22° 8′ W	„	?	0	23.1	**20**	70	91	**70**
8 I	23. 2.	6° 57′ N	15° 14′ W	„	ca. 4700	800	5.3	**81**	550	610	**539**
II	„	„	„	„	„	400	8.5	**90**	290	360	**280**
III	„	„	„	„	„	0	27.8	**38**	83	100	**72**
9	2. 3.	5° 55′ N	11° 38′ W	„	ca. 3000	0	29.3	**70**	71	130	**65**
10 I	5. 3.	2° 40′ N	6° 18′ W	„	ca. 4000	800	4.8	**90**	580	660	**575**
II	„	„	„	„	„	400	8.1	**26**	450	460	**442**
III a	„	„	„	„	„	0	28.5	**37**	(58?)	92	(56?)
b	„	„	„	„	„	0	„	**21**	72	79	**65**
11	6. 3.	0° 42′ N	5° 8′ W	Südäquatorialstr.	5138	0	28.5	**24**	180	183	**169**
12	9. 3.	5° 13′ S	5° 2′ W	„	?	0	27.8	**69**	120	130	**90**
13 I	12. 3.	9° 31′ S	5° 45′ W	„	4492	800	4.5	**34**	490	510	**483**
II	„	„	„	„	„	400	8.1	**64**	310	360	**303**
III	„	„	„	„	„	0	26	**51**	70	100	**59**
14	13. 3.	11° 50′ S	5° 51′ W	„	ca. 5000	0	25.3	**41**	73	126	**79**
15 I	19. 3.	16° 37′ S	4° 40′ W	„	4920	800	4	**15**	620	620	**612**
II	„	„	„	„	„	400	8	**19**	560	570	**555**
III	„	„	„	„	„	0	23.7	**17**	85	87	**77**
16	20. 3.	17° S	2° 40′ W	„	5089	0	23.9	**83**	80	163	**80**
17 I a	24. 3.	21° 14′ S	3° 30′ O	„	5500	3000	2.5	**90**	570	580	} **510**
b	„	„	„	„	„	3000	„	**125**	490	615	
II	„	„	„	„	„	800	4.0	**26**	480	510	**482**
III	„	„	„	„	„	400	8.2	**37**	340	350	**326**
IV	„	„	„	„	„	0	22.2	**20**	170	180	**165**
†18	3. 4.	32° 14′ S	16° 44′ O	Benguelastr.	500	0	17.7	**69**	82	110	**61**
††19	4. 4.	33° 20′ S	17° 44′ O	„	?	0	14.5	**39**	68	80	**54**
				Indischer Oz.							
20	18. 4.	41° 35′ S	22° 10′ O	Westwindtrift	5053	0	14.3	**72**	110	165	**101**
21 I	22. 4.	49° 31′ S	29° 16′ O	„	5065	800	2.3	**130**(?)	570	790	**615**
II	„	49° 27′ S	29° 9′ O	„	„	0	3.5	**60**	120	94	**77**
22	24. 4.	48° 17′ S	34° 30′ O	„	4590	0	4.5	**77**	380	410	**356**
23	27. 4.	42° 50′ S	31° 33′ O	„	ca. 4000	0	11.2	**104**	330	430	**328**
24	30. 4.	38° 15′ S	32° 2′ O	Agulhasstr.	4200	0	15.8	**35**	150	160	**137**
25	1. 5.	36° 38′ S	32° 27′ O	„	4358	0	19.7	**43**	85	124	**83**

Laufende Nr.	Datum	Position		Strömung	Gelotete Tiefe	Schöpftiefe	Wassertemperat.	mg N in 1 cbm als			
		Breite	Länge		m	m	° C	NH_3	N_2O_3 + N_2O_5	Gesamt-N	$N_2O_3 + N_2O_5$ im Mittel
26	15. 5.	31° 49′ S	32° 55′ O	Agulhasstr.	3481	2000	2.6	**47**	480	560	**496**
†27	16. 5.	32° 2′ S	35° 18′ O	„	1490	0	20.3	**25**	98	136	**104**
28 I	19. 5.	36° 42′ S	42° 4′ O	Westwindtrift	5400	800	7.4	**29**	400	380	**375**
II	„	„	„	„	„	0	18.5	**56**	120	150	**107**
†29	23. 5.	30° 47′ S	44° 59′ O	Ind. Südäq.-Str.	2183	0	20.7	**48**	80	89	**60**
30 I	26. 5.	24° 24′ S	48° 42′ O	„	4200	800	9.4	**20**	340	390	**355**
II	„	„	„	„	„	400	14.1	**66**	130	170	**117**
31 I	5. 6.	16° 29′ S	51° 48′ O	„	4568	800	6.1	**23**	560	520	**528**
II	„	„	„	„	„	400	11.8	**52**	260	310	**259**
III	„	„	„	„	„	0	25.8	**42**	91	98	**73**
32	15. 6.	19° 3′ S	61° 48′ O	„	ca. 3000	0	25.6	**34**	125	141	**116**
33	20. 6.	13° 29′ S	65° 47′ O	„	2637	0	26.5	**37**	90	100	**76**
34 I	23. 6.	8° 45′ S	64° 52′ O	„	4220	800	6.6	**41**	390	380	**364**
II	„	„	„	„	„	400	9.8	**33**	420	450	**418**
III	„	„	„	„	„	0	27.3	**29**	110	115	**98**
35 I	30. 6.	1° 52′ N	74° 45′ O	Ind. Sommer-Monsuntrift	2444	800	7.9	**36**	630	570	**582**
II	„	„	„	„	„	400	?	**50**	240	290	**240**
III	„	„	„	„	„	0	29.0	**61**	84	120	**71**
36 I	17. 7.	3° 32′ N	88° 20′ O	„	4189	800	7.5	**17**	590	580	**576**
II	„	„	„	„	„	400	10.3	**46**	530	620	**552**
III	„	„	„	„	„	0	28.3	**31**	91	100	**80**
37 I	24. 7.	0° 44′ S	97° 16′ O		5310	800	7.3	**56**	290	460	**347**
II	„	„	„		„	400	10.2	**49**	210	260	**210**
III	„	„	„		„	0	29.0	**45**	93	110	**79**
†38	1. 8.	5° 6′ S	102° 37′ O		1980	0	28.9	**44**	62	75	**46**
†39	2. 8.	6° 10′ S	104° 38′ O		162	0	28.7	**37**	80	84	**63**
40	11. 8.	9° 46′ S	107° 48′ O	Ind. Südäq.-Str.	6300	0	27.3	**53**	83	99	**64**
41	12. 8.	10° 11′ S	108° 32′ O	„	5700	0	27.3	**58**	82	98	**61**
42 I	14. 8.	9° 36′ S	111° 36′ O	„	3330	800	6.0	**30**	470	480	**460**
II	„	„	„	„	„	400	9.7	**66**	330	500	**382**
†43	15. 8.	8° 43′ S	113° 23′ O	„	1500	0	27.5	**42**	84	110	**76**
				Pazif. Ozean.							
†44 I	25. 8.	6° 56′ S	123° 24′ O		ca. 2000	400	?	**42**	140	210	**154**
† II	„	„	„		„	0	27.3	**62**	63	89	**45**
45	28. 8.	6° 8′ S	127° 5′ O		ca. 4000	0	26.2	**73**	120	74	**60**
46	7. 9.	0° 19′ S	132° 25′ O		3385	0	29.5	**24**	129	129	**117**
47	11. 9.	0° 16′ S	139° 5′ O		3450	0	29.0	**39**	77	100	**69**
48	12. 9.	1° 23′ S	140° 47′ O		3350	1500	?	**38**	270	310	**271**
†49	15. 9.	1° 33′ S	144° 54′ O		ca. 1000	0	31.8	**46**	71	120	**72**
†50	18. 9.	1° 42′ S	144° 36′ O		ca. 1000	0	29.2	**63**	42	99	**39**
†51	6. 10.	2° 14′ S	147° 48′ O		ca. 200	0	29	**22**	211	187	**188**
†52 I	12. 10.	3° 45′ S	151° 22′ O		2150	2000	2.9	**45**	110	125	**95**
† II	„	„	„		„	1000	4.3	**53**	130	136	**106**
† III	„	„	„		„	400	9.3	**51**	74	110	**66**
† IV	„	„	„		„	0	29.6	**31**	86	93	**74**
†53	7. 11.	3° 50′ S	151° 55′ O		ca. 50	0	29.8	**29**	80	84	**67**
†54	16. 11.	2° 27′ S	150° 31′ O		?	0	29.8	**45**	92	139	**93**

Laufende Nr.	Datum	Position		Strömung	Gelotete Tiefe	Schöpftiefe	Wassertemperat.	mg N in 1 cbm als			
		Breite	Länge					NH_3	N_2O_3 + N_2O_5	Gesamt-N	$N_2O_3 + N_2O_5$ im Mittel
					m	m	°C				
	1907										
††55	1. 1.	Hafen von Matupi			ca. 20	0	30.4	**34**	114	148	**114**
56	10. 1.	1° 1′ N	149° 2′ O		ca. 3000	0	29.5	**60**	95	155	**95**
57	12. 1.	3° 41′ N	145° 1′ O	Nordäq.-Str.	ca. 4500	0	28.8	**49**	88	89	**64**
58 I	24. 1.	7° 36′ N	132° 4′ O	„	4496	1000	4.5	**29**	530	570	**535**
II	„	„	„	„	„	800	5.5	**40**	260	500	**360**
III	„	„	„	„	„	400	8.3	**44**	220	310	**243**
IV	„	„	„	„	„	0	27.8	**58**	72	74	**44**
†59	28. 1.	6° 56′ N	126° 38′ O		1113	0	27.0	**55**	82	110	**68**
60	2. 2.	11° 42′ N	128° 20′ O		ca. 5600	0	27.4	**45**	54	87	**48**
61 I	3. 2.	11° 57′ N	127° 14′ O		ca. 5500	1000	4.4	**32**	286	520	**387**
II	„	„	„		„	400	8.0	**34**	74	100	**70**
III	„	„	„		„	0	27.2	**35**	68	78	**55**
†62 I	15. 2.	19° 2′ N	117° 43′ O		ca. 2000	1000	4.5	**46**	70	135	**80**
† II	„	„	„		„	400	8.9	**110**	260	300	**225**
††63	16. 2.	21° 2′ N	115° 18′ O		ca. 200	0	23.0	**65**	70	140	**72**
†64	25. 3.	24° 40′ N	122° 38′ O		840	0	25.7	**66**	110	190	**117**
†65 I	29. 3.	19° 35′ N	123° 25′ O		?	400	12.5	**28**	63	80	**57**
† II	„	„	„		?	0	25.3	**4**	68	72	**68**
†66 I	2. 4.	14° 4′ N	124° 49′ O		?	600	7.5	**49**	390	330	**335**
† II	„	„	„		?	400	11.7	**58**	100	190	**116**
† III	„	„	„		?	0	27.3	**36**	90	110	**82**
†67	15. 6.	Südküste von Neu-Hannover			ca. 1000	0	28.5	**32**	71	100	**69**
††68	22. 6.	Baongung-Hafen			ca. 20	0	29	**44**	76	98	**65**
†69	28. 6.	Südküste von Neu-Hannover			ca. 1000	0	28.6	**70**	83	130	**71**
†70	17. 7.	2° 50′ N	150° 54′ O		ca. 2000	0	28.8	**38**	78	84	**62**
71	28. 8.	3° 11′ N	150° 23′ O		2600	0	28.8	**35**	84	86	**67**
†72 I	11. 9.	Südküste von Neu-Hannover			ca. 2000	800	?	**45**	79	110	**72**
† II	„	„			„	400	?	**70**	110	150	**95**
† III	„	„			„	0	?	**37**	80	100	**71**

Die Tabelle gibt die laufende Nummer, Datum, Position, gelotete Tiefe, Schöpftiefe, Wassertemperatur ganz so wieder, wie Dr. Gräf sie im Planet-Werk S. 11—14 mitgeteilt hat. Dabei ist nur bei Nr. 10 III b ein Druckfehler bezüglich der Position berichtigt und bei Nr. 12 „südliche Breite“ zugefügt. Die drei Ozeane sind aufserdem gesondert. Ferner ist die Rubrik „Strömung“ auch sonst etwas ergänzt. Fortgelassen sind die drei Spalten „Salzgehalt“, „Vergiftet“ oder „Unvergiftet“, „Bemerkung“, ob die N-Untersuchung an Bord oder in Kiel stattgefunden hat. Die bezüglichen Angaben sind in Gräfs Tabellen übersichtlich angegeben, für den vorliegenden Zweck sind sie ohne Bedeutung.

In den Spalten, die den Stickstoffgehalt betreffen, war zunächst ein Druckfehler in der Überschrift zu korrigieren (es mufs heifsen N_2O_5 statt N_2OS) und eine Zahl zu ändern (bei Nr. 10 III a mufs es in der Rubrik mg N in 1 l $N_2O_3 + N_2O_5$ heifsen 0,058 statt 0,58; das geht mit Sicherheit aus den drei Parallelbestimmungen hervor, die in diesem Falle vorliegen). Ich habe übrigens diesen augenscheinlich auf einem Druckfehler beruhenden Wert ganz fortlassen können, weil eine zweite Wasserprobe in diesem Falle untersucht ist. In einem anderen Falle halte ich einen Druckfehler für höchst wahrscheinlich (es wird bei der Probe 21 I der Wert für Ammoniak-Stickstoff nicht 130, sondern 13 mg betragen); da aber keine ergänzende Untersuchung vorliegt, so habe ich den einen wohl unrichtigen Wert mit Fragezeichen benutzen müssen. Eine rein formale Änderung in der Wiedergabe der N-Werte besteht darin, dafs ich von dem früher auch von mir angewandten Verfahren, den N-Gehalt in mg pro Liter anzugeben, insofern abweiche, als ich jetzt den N-Gehalt in mg pro Kubikmeter (cbm) Meerwasser angebe. Bei der älteren Bezeichnungsweise kommt das Verhältnis 1 : 1 000 000 in Betracht, bei der neuen 1 : 1 000 000 000. Statt der Dezimalbrüche teile ich nun ganze Zahlen mit, was die Übersichtlichkeit erleichtert und Druckfehler eher vermeiden läfst.

Neu hinzugefügt ist die letzte Spalte in der Übersicht.

Bei jeder Wasserprobe sind im allgemeinen — wie oben erwähnt — zwei gesonderte Bestimmungen für die Sauerstoffverbindungen des Stickstoffes ausgeführt, eine direkte und eine indirekte. Bei der einen Bestimmung wird zunächst der Ammoniakgehalt und dann auch unter Reduktion der Sauerstoffverbindungen des Stickstoffes zu Ammoniak weiter ermittelt, wieviel N in Form von Nitrit und Nitrat vorhanden ist. Bei der anderen Bestimmung werden die Sauerstoffverbindungen von vornherein reduziert und der Gesamtgehalt an Stickstoff (NH_3 und $N_2O_3 + N_2O_5$ zusammen) durch Anwendung von Nefslers Reagens kolorimetrisch festgestellt. Dadurch, dafs man von dem gefundenen Wert für Gesamt-N den gesondert bestimmten für Ammoniak-Stickstoff abzieht, erhält man einen Wert für den Stickstoffgehalt in Form von $N_2O_3 + N_2O_5$, der in der Regel niedriger ist, als der direkt festgestellte. Da es mir darauf ankommt, den Wert für die Sauerstoffverbindungen des Stickstoffes so zuverlässig wie irgend möglich anzugeben,

so habe ich das Mittel der zwei Bestimmungen in der letzten Spalte angegeben. In den drei Fällen, in denen dieselbe Schöpfprobe zweimal vollständig untersucht ist (in der Tabelle mit a und b bezeichnet), konnten also jedesmal vier Bestimmungen für die Berechnung des Durchschnittsgehaltes an mg N in Form von $N_2O_3 + N_2O_5$ pro cbm Meerwasser verwendet werden. Es sind die Nummern 1 a und b, 10 III a und b, sowie 17 I a und b.[1]) Da ich nur die in der letzten Spalte angegebenen Mittelwerte für N als $N_2O_3 + N_2O_5$ in dieser Arbeit näher berücksichtige, so habe ich sie fett drucken lassen. Ich möchte jedoch nicht unterlassen zu betonen, dafs die Ergebnisse, die man bei weiterer Verwertung dieser Mittelwerte erhält, im wesentlichen dieselben sind, wie bei Anwendung der direkt bestimmten Zahlen für den Stickstoffgehalt an $N_2O_3 + N_2O_5$. Die ebenfalls fett gedruckten und weiter verwendeten Werte für N als NH_3 sind, wie schon erwähnt, direkt bestimmt.

[1]) Die von mir in dieser Arbeit verwandten Werte für andere Proben als die des „Planet“ habe ich in derselben Weise berechnet.

IV.

Beziehungen zwischen Nitratgehalt und Temperatur.

Zunächst erscheint es mir das Beste, nur Hochseeproben unter einander zu vergleichen, weil an diesen in erster Linie die gesetzmäfsigen Beziehungen erkennbar sein müssen. Ordnet man die 78 Werte, die von Gräf an Hochseeproben des „Planet“ für Nitrat-N und für Ammoniak-N gewonnen sind, lediglich nach der Temperatur — ohne Rücksicht auf die Jahreszeit, die geographische Lage und auf die Tiefe, von der die einzelnen Proben stammen, — so erhält man die in der Tabelle angegebenen Mittelwerte.

Die 78 Hochseeproben des „Planet“ nach der Temperatur geordnet.

	Atlantischer Ozean				Indopazifischer Ozean				Hochseeproben überhaupt			
° C	Zahl der Proben	mg N als N_2O_3 + N_2O_5 in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittl. Temp. ° C	Zahl der Proben	mg N als N_2O_5 + N_2O_3 in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittl. Temp. ° C	Zahl der Proben	mg N als N_2O_3 + N_2O_5 in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittl. Temp. ° C
0— 4.9	5	532	54	3.9	7	391	59	3.7	12	450	57	3.8
5— 9.9	6	407	53	7.5	13	390	36	7.6	19	395	41	7.6
10—14.9	4	237	56	11.9	7	258	63	12.0	11	250	59	12.0
15—19.9	3	176	48	17.5	3	109	45	18.0	6	142	46	17.8
20—24.9	5	91	39	23.2					5	91	39	23.2
25—29.9	7	85	46	27.6	18	74	45		25	78	45	27.7
	30 atlant.				33 ind. u. 15 pazif.				78 Hoch-seeprob.			

Für die Hochseeproben des Atlantischen Ozeans ist die Abnahme des Gehaltes an Sauerstoffverbindungen des Stickstoffes bei Zunahme der Temperatur so klar ausgeprägt, wie man

nur irgend wünschen kann. Die Anzahl der Proben, die mittlere Temperatur derselben und der Stickstoffgehalt in Form von Ammoniak sind hinzugefügt. Die letzteren Mittelwerte zeigen geringe Verschiedenheiten und lassen keine klaren Beziehungen zur Temperatur erkennen. Die Proben des Indopazifischen Ozeans sind gesondert angegeben. Sie bilden in jeder Hinsicht eine parallele Reihe zu denen des Atlantik. Daher zeigt natürlich auch die Zusammenfassung aller 78 Hochseeproben aus den drei Ozeanen dasselbe Verhältnis.

Eine ähnliche Reihe für den Stickstoffgehalt in Form von Nitrat + Nitrit erhält man für die Gaufs-Proben, wenn man sie lediglich nach der Temperatur ordnet und die Mittelwerte berechnet (s. folgende Tabelle). Dafs klare Beziehungen zwischen Nitratgehalt und Temperatur vorliegen, hat Gazert im Anschlufs an meine früheren Ausführungen schon 1905 durch eine graphische Darstellung gezeigt und durch die Worte „je kälter die Temperatur, desto mehr Nitrat“ ausgedrückt.

81 verschiedene Wasserproben des „Gaufs“ nach der Temperatur geordnet.

	Atlantischer Ozean			Atlantischer, Indischer und Antarktischer Ozean		
° C	Zahl der Proben	mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ in 1 cbm	Mittlere Temperatur ° C	Zahl der Proben	mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ in 1 cbm	Mittlere Temperatur ° C
−1.9— 0.1				19	**467**	−1.1
0— 4.9	11	**456**	3.5	18	**466**	2.4
5— 9.9	11	**451**	6.1	12	**453**	6.2
10—14.9	12	**300**	12.5	14	**302**	12.4
15—19.9	8	**191**	17.2	10	**188**	17.2
20—24.9	5	**128**	23.3	5	**128**	23.3
25—28	3	**113**	26.6	3	**113**	26.6
	50			81		

Auch diese Tabelle zeigt, ähnlich wie die der „Planet“-Werte, eine sehr deutliche Beziehung zwischen Nitrit- und Nitratgehalt des Ozeanwassers einerseits und Temperatur andrerseits. Dafs etwa der Nitrit- und Nitratgehalt direkt von der Temperatur abhängig sein sollte, wäre vollkommen unverständlich. Angenommen habe

ich ja seinerzeit eine indirekte Beziehung, indem ich die Hypothese aufstellte, dafs die Wärme das Gedeihen von denitrifizierenden Bakterien begünstigen wird, und dafs infolgedessen bei zunehmender Temperatur eine Herabsetzung des Nitrit- und Nitratgehaltes eintreten mufs.

Für die offenen Ozeane, und zwar zunächst für das Gebiet zwischen 35° n. Br. und dem 50.° s. Br. sind regelmäfsige, indirekte Beziehungen zwischen Nitratgehalt und Temperatur festgestellt worden. In ungefähr demselben Grade liegt auch eine direkte Abhängigkeit der Nitrate und Nitrite zerstörenden, überall in den oberen Meeresschichten vertretenen denitrifizierenden Bakterien von der Temperatur vor. Es ist näher zu prüfen, ob zwischen Nitratgehalt und denitrifizierenden Bakterien im offenen Ozean Beziehungen bestehen, ob in wärmeren Wasserschichten infolge stärkerer Denitrifikation der Gehalt an Nitrat und Nitrit herabgesetzt ist.

Nathansohn und Gebbing bestreiten, dafs die Bakterien für den Nitrat- und Nitritgehalt des Meeres, sei es in positivem Sinne (nitrifizierend), oder im negativen (denitrifizierend), in nennenswerter Weise in Betracht kommen. Gebbing glaubt sogar dadurch eine endgültige Entscheidung der Stickstoffrage herbeigeführt zu haben, dafs er — kurz gesagt — eine Übereinstimmung des Stickstoffgehaltes nach Breitengraden fordert (16, S. 62). „Ist die Anschauung von Brandt richtig, dann müfsten wir in den Oberflächenproben am Äquator am wenigsten Stickstoff finden, und der Gehalt hieran müfste nach den Polen hin zunehmen ... In nördlichen Breiten ist kaum ein Ansteigen der Stickstoffkurve zu beobachten, in 60 bis 70° nördlichen Breiten sind nur 0,10 bis 0,15 mg gefunden worden, bei 0,45 mg in gleichen südlichen Breiten. Die tropischen Meeresgebiete enthalten also in dem Oberflächenwasser ebensoviel Nitrat + Nitrit-Stickstoff und demnach überhaupt anorganisch gebundenen Stickstoff wie der nördliche Atlantische Ozean, wie Ost- und Nordsee bis 67° n. Br. Die Temperaturkurve hingegen zeigt einen recht symmetrischen Verlauf für beide Hemisphären."

Zunächst vergifst Gebbing, dafs ich eine direkte Beziehung und damit eine genaue Abhängigkeit des Nitratgehaltes von der Temperatur oder der geographischen Breite nie angenommen oder gar behauptet habe. Die weitgehende Forderung Gebbings wäre nur unter der Voraussetzung gerechtfertigt, dafs die allgemeinen hydrographischen Verhältnisse in gleicher

Weise vom Äquator aus einerseits nach dem Südpol, andererseits nach dem Nordpol hin sich verändern. Wären im Atlantischen Ozean Temperaturverteilung in den oberen, wie auch in den tieferen Wasserschichten, Relief des Meeresbodens, Verteilung der Festlandmassen und der Verlauf der Strömungen, der horizontalen wie der vertikalen, südlich und nördlich vom Äquator gleich, so würde sicherlich auch die Stickstoffverteilung eine genau entsprechende sein. Wenn für die Hochsee des Südatlantischen, sowie des Indischen und des tropischen Pazifischen Ozeans ein fast gesetzmäfsig erscheinendes Verhältnis, z. B. zwischen dem Nitratgehalt und der Temperatur festgestellt ist, so trifft es für alle Hochseegebiete zu, soweit sie genau dieselben hydrographischen Bedingungen, wie z. B. der Südatlantik besitzen. Es ist aber unlogisch, zu verlangen, dafs trotz sehr erheblicher Ungleichheit der allgemeinen Verhältnisse eine vollkommene Gleichheit in bezug auf den Nitratgehalt im Nord- und Südatlantik bestehen soll.

Über die grofse Verschiedenheit der Temperaturverteilung im Nordatlantischen Ozean einerseits, dem Südatlantischen andererseits, macht Brennecke, der Hydrograph der „Planet"-Expedition (11, S. 68), nähere Mitteilungen unter Hinweis auf seine instruktive Tafel 19, die die vertikale Verteilung der Temperatur des östlichen Atlantischen Ozeans von 60° N bis 50° S bis zu 1500 m Tiefe hinab zeigt. Trotzdem der Schnitt nach Norden 10° weiter reicht, als nach Süden, fehlt im Nordatlantischen Ozean die 3°-Isotherme gänzlich und die 4°-Isotherme tritt nur unter dem Äquator in 1200 m Tiefe in den Nordatlantischen Ozean ein, während sie im Südatlantischen Ozean „beinahe die Diagonale des Schnittes bildet". Sehr deutlich ist die Verschiedenheit auch an dem Verlauf der 10°-Isotherme zu zeigen. „Bei 60° n. Br. ungefähr die Oberfläche erreichend (im Sommer), steigt sie bis 1000 m auf 35° n. Br. hinab; liegt in 13° n. Br. in 500 m, steigt gegen den Äquator auf 300 m an, um in dieser Tiefe bis 30° s. Br. zu bleiben; in 35° s. Br. liegt sie in 250 m und erreicht in 42° s. Br. wieder die Oberfläche."

Und nun gar der uneingeschränkte Vergleich der tropischen Hochsee mit seichten Küstenmeeren, wie es Nord- und Ostsee sind! Wenn man freilich mit Nathansohn und Gebbing eine nennenswerte Wirksamkeit

von denitrifizierenden Bakterien bestreitet und das Vorhandensein von nitrifizierenden Bakterien leugnet, so vernachlässigt man auch in seinen Überlegungen die grofse Rolle, die gerade in seichten Küstengebieten mit starkem jahreszeitlichen Wechsel die aufserordentlich mannigfaltigen Bakterien spielen können. Ebensowenig wie die Temperatur, der Salzgehalt usw. richtet sich der Gehalt an Stickstoffverbindungen im Meere und das Plankton nach dem Breitengrade.

In Küstennähe kommen, wie die nachstehende Tabelle zeigt, auffallende Abweichungen von der Regel vor. Auch das spricht dafür, dafs nicht etwa die Temperatur selbst ausschlaggebend ist, sondern eher lebende Organismen, und zwar sowohl Bakterien, die im Küstengebiet sehr viel reichlicher vertreten sind, als auch Plankton- und Küstenflora, die wegen reicherer Zufuhr an gelösten Nährstoffen verschiedenster Art ebenfalls im Küstengebiet sich stärker entwickeln können. Vor allem findet ja auch allein in der Küstenregion eine starke Ausnutzung der Stickstoffverbindungen und anderer Pflanzennährstoffe durch die Tange, Rotalgen usw. statt, die auf hoher See (abgesehen von losgerissenen und treibenden Sargassobüscheln u. dergl.) fehlen. Und dann kommt noch die intensivere Durchmischung der verschiedenen Wasserschichten und das häufige Aufwühlen des seichten Bodens in der Nähe des Landes hinzu.

Die 36 Küstenproben des „Planet“ nach der Temperatur geordnet.

	Atlantischer Ozean				Indopazifischer Ozean				Küstenproben überhaupt			
° C	Zahl der Proben	mg N als N_2O_3 + N_2O_5 in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittl. Temp. ° C	Zahl der Proben	mg N als N_2O_3 + N_2O_5 in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittl. Temp. ° C	Zahl der Proben	mg N als N_2O_3 + N_2O_5 in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittl. Temp. ° C
0— 4.9					3	**94**	48	3.9	3	**94**	48	3.9
5— 9.9					4	**174**	64	7.4	4	**174**	64	7.4
10—14.9	1	**54**	39	14.5	4	**105**	49	12.1	5	**95**	47	12.6
15—19.9	1	**61**	69	17.7					1	**61**	69	17.7
20—24.9					3	**79**	46	21.3	3	**79**	46	21.3
25—29.9					18	**76**	42	28.2	18	**76**	42	28.2
über 30					2	**93**	40	31.1	2	**93**	40	31.1
	2 atlant.				5 ind.u. 29 pazif.				36 überh.			

Ich habe in den vorstehenden Tabellen die Werte für die anorganischen Stickstoffverbindungen lediglich nach der Temperatur

geordnet. Im nächsten Abschnitt, der die vertikale Verteilung des Nitrates betrifft, ordne ich die Werte in erster Linie nach der Tiefe, aus der die Proben stammen, berücksichtige dabei aber auch die Temperaturen, die ja von der Oberfläche nach der Tiefe hin im allgemeinen abnehmen. Die Hochseeproben zeigen eine Zunahme des Nitratgehaltes bei zunehmender Tiefe und zugleich abnehmender Wärme.

Es liegt nun der Einwand nahe, dafs nicht die mit der Tiefe abnehmende Temperatur, sondern allein der nach der Tiefe hin zunehmende Gehalt an Nitrat und Nitrit die Beziehungen zwischen Temperatur und dem Gehalt an Sauerstoffverbindungen des Stickstoffes vortäuscht. Daher ist das vorliegende Material daraufhin zu prüfen, 1. ob in einem Meeresgebiete bei etwa gleicher, sehr niedriger Temperatur in ganz verschiedenen Meerestiefen derselbe Gehalt an Nitrat und Nitrit vertreten ist, und 2. ob bei sehr verschiedener Temperatur in derselben Tiefe, z. B. an der Oberfläche mit Zunahme der Temperatur ein abnehmender Gehalt an Nitrat und Nitrit zu konstatieren ist.

Zu diesem Zwecke habe ich in den nachstehenden Übersichten erstens einen Vergleich der antarktischen „Gaufs"-Proben aus allen Tiefen gegeben und zweitens sämtliche Oberflächenproben des „Planet" von hoher See zusammengestellt. Die ersteren zeigen, wie auch schon Gebbing betont hat, keine nennenswerten Abweichungen, die letzteren eine Abhängigkeit von der Temperatur. Der Vollständigkeit wegen habe ich auch die Tiefenproben des „Planet" entsprechend angeordnet, obwohl bei diesen die Temperaturunterschiede gering sind.

1. Während der Deutschen Südpolar-Expedition sind zwischen 66° 2' bis 55° 15' S und 89—80° O 24 antarktische Proben aus recht verschiedenen Tiefen, aber bei sehr wenig verschiedener Temperatur gesammelt worden. Das Mittel für den Stickstoffgehalt in Form von Nitrat + Nitrit beträgt 468 (der geringste Gehalt 400, der höchste 590) mg pro cbm, die mittlere Temperatur −1.1° (Schwankungen von −1.8 bis +0.6°), die Tiefe 0 bis 2020 m, im Mittel 366 m.

Der „ganz erstaunliche Reichtum an Stickstoff-Nährsalzen", von dem Gebbing spricht, beträgt etwa 1 Teil N in Form von Nitrat + Nitrit auf mehr als 2 Millionen Teile Seewasser. Das ist doch ein,

absolut genommen, recht geringer Gehalt. Man kann nur von einem relativen Reichtum sprechen, insofern als in dem vom „Gaufs“ untersuchten Teil der Antarktis in der ganzen Wassermasse der Nitratgehalt durchschnittlich sechsmal so hoch ist, wie im Oberflächenwasser der Tropen (78 mg Nitrat-Stickstoff nach dem Mittel der „Planet“-Proben). Ordnet man die antarktischen „Gaufs“-Proben nach der Tiefe unter Zusammenfassung einzelner Stufen, so erhält man nachstehende Tabelle:

Tiefe m	Mittlere Tiefe m	Zahl der Proben	Mittlere Temperatur ° C	Durchschnittlicher Gehalt an N in Form von $N_2O_3 + N_2O_5$ mg pro cbm
0—90	18	9	− 1.8	460
110—365	202	7	− 1.5	446
455—730	567	5	− 0.25	480
915	915	1	+ 0.4	560
1465	1465	1	+ 0	420
2020	2020	1	+ 0.3	590

2. Die folgende Tabelle läfst erkennen, dafs die 42 Oberflächenproben der Hochsee zusammen und ebenso diejenigen des Indischen Ozeans die Beziehung zwischen Temperatur und Nitratgehalt zeigen. Dafs der Gehalt an Nitrat-Stickstoff bei niedriger Temperatur an der Oberfläche nicht so hoch ist, wie bei entsprechender Temperatur in der Tiefe, ist dadurch zu erklären, dafs in den oberen Wasserschichten eine starke Inanspruchnahme durch Hochseealgen stattfindet. Abgesehen von einem Falle zeigt auch der Atlantische Ozean dieses Verhältnis. Die Ausnahme betrifft zwei Proben, die bei einer Durchschnittstemperatur von 12.5° einen Mittelwert von nur 74 mg Nitrat-Stickstoff aufweisen (die Einzelwerte sind 71 und 78 mg). Diese Abweichung von der Regel hängt damit zusammen, dafs beide Oberflächenproben Golfstromwasser betreffen, also Wasser, das vorher im Tropengebiet war und dort arm an Nitrat geworden ist.

„Planet“, die 42 Oberflächenproben der Hochsee nach der Temperatur geordnet.

Temp. °C	Atlantischer Ozean: Zahl der Proben	mg N als $N_2O_5 + N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp. °C	Indischer Ozean: Zahl der Proben	mg N als $N_2O_5 + N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp. °C	Pazifischer Ozean: Zahl der Proben	mg N als $N_2O_5 + N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp. °C	Alle Hochseeproben von 0 m: Zahl der Proben	mg N als $N_2O_5 + N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp. °C
0— 4.9					2	216	68	3.4					2	216	68	3.4
5— 9.9																
10—14.9	2	74	62	12.5	2	214	88	12.7					4	144	75	12.6
15—19.9	3	176	48	17.5	3	109	45	18.0					6	142	46	17.8
20—24.9	5	91	39	23.2									5	91	39	23.2
25—29.9	7	85	46	27.6	9	80	43	27.3	9	69	46	28.2	25	78	45	27.7
	17	102	47	22.8	16	120	52	20.8	9	69	46	28.2	42	101	49	23.2

Die Tabelle der 42 Hochseeproben zeigt übrigens weiterhin, dafs warmes Oberflächenwasser (15—30°) weniger Ammoniak-Stickstoff enthält, als kühles (0—15°). Die Mittelwerte schwanken, wie die Tabelle zeigt, für das warme Wasser zwischen 39 und 48, die für kühles zwischen 62 und 88 mg N pro cbm. Im ersteren Falle liegen die Einzelwerte zwischen 20 und 83, im letzteren zwischen 51 und 104 mg Ammoniak-Stickstoff. Die Verringerung des ohnehin ja spärlichen Ammoniakgehaltes im warmen Oberflächenwasser kann teils mit der Abgabe von Ammoniak an die Atmosphäre zusammenhängen, teils aber auch mit stärkerer Inanspruchnahme durch Hochseealgen oder durch Bakterien, teils endlich mit dem geringeren Gehalt des warmen Wassers an anorganischen Stickstoffverbindungen überhaupt.

Betrachtet man in der nachfolgenden Tabelle der Tiefenproben z. B. die Mittelwerte des Ammoniak-Stickstoffgehaltes für die drei Tiefenstufen, so erkennt man, dafs z. B. der durchschnittliche Ammoniakgehalt in den 16 Proben aus 800 m Tiefe bei Temperaturen von 2.3—11.9° gleich ist (45 mg N als NH_3) dem der Oberflächenproben bei Temperaturen von 25—29.9°, obwohl in den grofsen Tiefen weder ein Abrauchen an die Atmosphäre, noch ein Verbrauch durch Algen in Frage kommt. Auch die beiden anderen Tiefenstufen stehen in den Mittelwerten des Ammoniak-

stickstoffes den Werten des warmen Wassers von 15—29.9° näher, als den Proben des kühlen Wassers. Einige der Mittelwerte für einzelne Temperaturintervalle sind gerade bei den kühlen Tiefenproben extrem niedrig (20, 30, 33 mg Ammoniak-N). Aus der Tabelle mufste ich zwei Proben fortlassen, weil für diese keine Temperaturangabe vorlag (eine aus 400 m und eine aus 1500 m Tiefe).

34 Hochseeproben des „Planet" aus tieferen Wasserschichten nach der Temperatur geordnet.

Temp. °C	1000—3000 m				800 m				400 m			
	Zahl der Proben	mg N als N_2O_3 + N_2O_5 in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittl. Temp. °C	Zahl der Proben	mg N als N_2O_3 + N_2O_5 in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittl. Temp °C	Zahl der Proben	mg N als N_2O_3 + N_2O_5 in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittl. Temp. °C
2— 3.9	2	**503**	77	2.5	1	**615**	130(?)	2.3				
4— 5.9	2	**461**	30	4.4	6	**508**	48	4.7				
6— 7.9					7	**462**	33	6.9				
8— 9.9					1	**355**	20	9.4	9	**335**	46	8.5
10—11.9					1	**500**	59	11.0	4	**330**	50	11.7
12—14.1									1	**117**	66	14.1
	4		55		16		45		14		49	

Die Mittelwerte der Oberflächenproben von der Küste (S. 32) zeigen dagegen fast das umgekehrte Verhältnis bezüglich des Nitratstickstoffes als die entsprechenden Hochseeproben. Leider liegen nur zwei solche „Planet"-Proben vor, bei denen die Wassertemperatur weniger als 20° betrug. Die übrigen 23 Proben betreffen Temperaturen von mehr als 20°. Unter diesen sind vier Einzelwerte zwischen 104 und 188 mg Nitratstickstoff vorhanden, die anderen 19 liegen zwischen 39 und 93 mg. Die Verschiedenheit ist also bei den Küstenproben auch gröfser als bei den Hochseeproben.

Auch seichte Küstenmeere, wie Nord- und Ostsee, in denen die allgemeinen biologischen und hydrographischen Bedingungen sehr viel komplizierter sind, als auf hoher See, zeigen eine — allerdings weniger deutliche — Beziehung zwischen Nitratgehalt und Jahreszeit bezw. Temperatur (8, S. 29—32, 1906). Es kommt, wie ich in einer anderen Arbeit zeigen

werde, nicht blofs darauf an, die Temperatur zur Zeit der Entnahme der Wasserproben festzustellen, sondern auch die Temperaturwirkung in den vorhergehenden Monaten, sowie die Herkunft des Wassers überhaupt zu berücksichtigen.

„Planet", die 25 Oberflächenproben von der Küstenregion nach der Temperatur geordnet.

Temp. °C	Atlantischer Ozean				Indischer Ozean				Pazifischer Ozean				Alle Küstenproben von 0 m			
	Zahl der Proben	mg N als $N_2O_3+N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp. °C	Zahl der Proben	mg N als $N_2O_3+N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp. °C	Zahl der Proben	mg N als $N_2O_3+N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp. °C	Zahl der Proben	mg N als $N_2O_3+N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp. °C
0— 4.9																
5— 9.9																
10—14.9	1	54	39	14.5									1	54	39	14.5
15—19.9	1	61	69	17.7									1	61	69	17.7
20—24.9					2	82	36	20.5	1	72	65	23.0	3	79	46	21.3
25—29.9					3	62	41	28.4	15	79	42	28.2	18	76	42	28.2
über 30									2	93	40	31.1	2	93	40	31.1
	2	57	54	16.1	5	70	39	25.2	18	80	43	28.2	25	76	43	26.6

V.

Vertikale Verteilung des Nitrats im offenen Ozean.

In der nachstehenden Tabelle habe ich die Mittelwerte für Nitrat- und Ammoniak-Stickstoff der Hochseeproben des „Planet“ nach der Tiefe unter Berücksichtigung der Temperatur zusammengestellt. Leider ist die Anzahl der „Planet“-Proben aus gröfseren Tiefen als 800 m nur gering. Dagegen sind 16 Hochseeproben aus 800 m, 15 aus 400 m und 42 aus 0 m vergleichbar. Wenn man diese aus dem Atlantischen, dem Indischen und dem Pazifischen Ozean vergleicht, so erhält man ähnliche Reihen:

538, 467, 360, im Mittel 485 mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ für 800 m
367, 311, 156, „ „ 313 mg N „ „ + „ „ 400 m
102, 119, 69, „ „ 101 mg N „ „ + „ „ 0 m.

Das Nähere ergibt die Tabelle.

Die 78 Hochseeproben des „Planet“ nach der Tiefe geordnet.

Tiefe	Atlantischer Ozean				Indischer Ozean				Pazifischer Ozean				Hochseeproben überhaupt			
	Zahl der Proben	mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp.	Zahl der Proben	mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp.	Zahl der Proben	mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp.	Zahl der Proben	mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp.
m				° C				° C				° C				° C
3000	1	**510**	107	2.5									1	**510**	107	2.5
2000					1	**496**	47	2.6					1	**496**	47	2.6
1500									1	**271**	38	?	1	**271**	38	?
1000									2	**461**	30	4.4	2	**461**	30	4.4
800	6	**538**	51	5.7	9	**467**	42	6.7	1	**360**	40	5.5	16	**485**	45	6.2
400	6	**367**	44	8.7	7	**311**	52	11.0	2	**156**	39	8.1	15	**313**	47	9.6
0	17	**102**	47	22.8	16	**119**	52	20.8	9	**69**	46	28.2	42	**101**	49	23.2
	30				33				15				78			

Auch bezüglich der Beziehung zwischen Tiefe und Nitratgehalt zeigen — im Gegensatz zu den Hochseeproben — die Küstenproben des „Planet“ erhebliche Abweichungen von der Regel, wie ich das vorher für die Beziehungen zwischen Temperatur und Nitratgehalt schon gezeigt habe.

Die 36 Küstenproben des „Planet“ nach der Tiefe geordnet.

Tiefe m	Atlantischer Ozean				Indischer Ozean				Pazifischer Ozean				Küstenproben überhaupt			
	Zahl der Proben	mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp. °C	Zahl der Proben	mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp. °C	Zahl der Proben	mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp. °C	Zahl der Proben	mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Mittlere Temp. °C
2000									1	**95**	45	2.9	1	**95**	45	2.9
1000									2	**93**	50	4.4	2	**93**	50	4.4
800									1	**72**	45	?	1	**72**	45	?
600									1	**335**	49	7.5	1	**335**	49	7.5
400									6	**119**	60	10.6	6	**119**	60	10.6
0	2	**57**	54	16.1	5	**70**	39	25.2	18	**80**	43	28.2	25	**76**	43	26.6
	2				5				29				36			

Die Reihen, die für die Fahrten des „Gauſs“ (August, September, Oktober 1903 und November 1901) und des „Planet“ (im Februar und März 1906) durch den Atlantischen Ozean gewonnen sind, zeigen — trotz verschiedener Jahreszeit — groſse Ähnlichkeit, wie die nebenstehende Übersicht, in die ich von den Proben des „Planet“ nur die auf hoher See gewonnenen aufgenommen habe, erkennen läſst.

Ich habe in der Tabelle auch die Werte, die beide Expeditionen für den Atlantischen Ozean erhalten haben, zusammengefaſst, so daſs die Beziehungen zwischen Tiefenstufen und Temperatur einerseits und dem Gehalt an Nitrat + Nitrit andrerseits noch deutlicher hervortreten. Daſs nicht etwa eine direkte Beziehung zwischen Tiefe und dem Gehalt an Nitrat + Nitrit vorliegt, ist wohl ohne weiteres klar. Bestände eine solche, so müſste sie — ebenso wie z. B. der Druck — der Tiefe proportional sein. Das ist aber nicht der Fall; vielmehr zeigt sich, daſs in etwa 800 m Tiefe das Maximum des Gehaltes an Nitrit + Nitrat liegt, und daſs die Werte nach der Tiefe hin merklich geringer sind. Auf diese Besonderheit komme

ich noch zurück. Im allgemeinen schwankt der N-Gehalt in Form von Nitrat + Nitrit der Hochseeproben (von „Gaufs“ und „Planet“) von 400 m an abwärts bis 3000 m Tiefe (von etwa 12° bis etwa 2°) zwischen 270 mg (Gaufs, 550 m Tiefe) bezw. 271 mg (Planet, 1500 m) und 615 mg pro cbm.

Mittelwerte der atlantischen Proben aus verschiedenen Tiefen für „Gaufs“ und „Planet“.

Tiefe m	„Gaufs“, Atlantischer Oz. Zahl der Proben	Mittl. Temp. °C	mg N als $N_2O_5 + N_2O_6$ in 1 cbm	„Planet“, Atlantischer Ozean Zahl der Proben	Mittl. Temp. °C	mg N als $N_2O_5 + N_2O_6$ in 1 cbm	mg N als NH_3 in 1 cbm	Zusammenfassung der „Gaufs-“ u. „Planet“-Proben Tiefe m	Mittl. Tiefe m	Zahl der Proben	Mittl. Temp. °C	mg N als $N_2O_5 + N_2O_6$ in 1 cbm	„Gaufs“, Atlant. Oz. Zahl der Proben	mg N als NH_3 in 1 cbm
0	10	20.8	**134**	17	22.8	**102**	47	0 bis 90	3	14 G. u. 17 P.	22.0	**118**	2	65
90	4	21.3	**160**											
160	1	16.9	**160**					160 bis 365	282	9 G.	14.5	**273**	5	40
185	2	15	**260**											
275	2	14	**330**											
365	4	14	**280**											
400				6	8.7	**367**	44	400	400	6 P.	8.7	**367**		
550	3	11.9	**350**					550 bis 730	680	8 G.	9.2	**390**	6	73
700	1	7.1	**420**											
730	4	7.8	**410**											
800				6	5.7	**538**	51	800	800	6 P.	5.7	**538**		
825	1	5.5	**610**					825 bis 915	892	4 G.	5.0	**510**	2	45
915	3	4.9	**480**											
1095	2	6.7	**450**					1095 bis 1190	1116	5 G.	5.3	**440**	2	35
1100	2	4.1	**440**											
1190	1	4.8	**420**											
1280	2	3.0	**420**					1280 b. 1465	1391	5 G.	3.2	**470**	4	60
1465	3	3.3	**499**											
1645	1	3.1	**470**					1645 bis 1965	1871	4 G.	4.0	**430**	1	60
1830	2	4.6	**540**											
1965	1	3.6	**390**											
3000				1	2.5	**510**	107	3000	3000	1 P.	2.5	**510**		

Unter den insgesamt 15 Hochseeproben des „Planet“ aus 400 m Tiefe kommen jedoch schon einzelne Werte vor, die denen der obersten Wasserschichten ähnlich sind (z. B. 70 bezw. 117 mg Nitrat-Stickstoff, Planet-Stationen 61 im Pazifischen und 30 im Indischen Ozean). Andrerseits kommen ausnahmsweise auch im Oberflächenwasser verhältnismäfsig sehr

bedeutende Mengen von Nitrat-Stickstoff vor, z. B. Planet-Station 3 mit 358 mg pro cbm (in der Nähe von Gibraltar).

Es zeigt sich also, dafs erstens ein ziemlich beträchtlicher Nitrat-Vorrat in den Tiefen von etwa 400 m bis zum Meeresboden hinab lagert, und dafs zweitens in den oberen Wasserschichten bis etwa 200 oder 300 bis 500 m im allgemeinen der Nitratgehalt geringer ist als in gröfseren Tiefen, oft auch geringer als man nach der Temperatur erwarten sollte. Das ist ja aber selbstverständlich, weil in den oberen, genügend lichtdurchstrahlten Schichten die assimilierenden Algen einen Teil der Stickstoffverbindungen zur Bildung von Eiweisstoffen verbrauchen. Wo ein dichteres Pflanzenleben vertreten ist, gedeihen auch die Tiere. In Zusammenhang damit steht die Ausscheidung von Kot, Uraten und anderen Stoffwechselprodukten seitens der Tiere und die Zersetzung dieser Auswurfsstoffe durch Bakterien verschiedenster Art. Auch den denitrifizierenden Bakterien wird in den oberen Schichten stellenweise ein gutes Gedeihen unter Zerstörung eines Teiles der vorhandenen Nitrate ermöglicht, während in den tierarmen grofsen Tiefen, abgesehen von der unmittelbaren Nähe des Grundes, das Wasser weniger Auswurfstoffe enthält und ärmer an Bakterien ist. Für die denitrifizierenden Bakterien ist diese früher schon von mir geäufserte Annahme (4, S. 61—64) durch vergleichende Untersuchung verschiedener Wasserschichten in der offenen Nord- und Ostsee, die ich in Gemeinschaft mit Feitel ausgeführt habe, inzwischen bestätigt.

Die vorher erwähnten auffallenden Abweichungen von der Regel werden verständlich, sobald man auch die Wasserbewegungen, die horizontalen, wie auch die vertikal auf- oder abwärts gerichteten Strömungen und Verschiebungen ins Auge fafst. Wie schon in früheren Arbeiten von Hensen und verschiedenen Teilnehmern der Plankton-Expedition ausgeführt ist, zeigen die quantitativen Plankton-Untersuchungen, dafs die Planktonmenge keineswegs der Temperatur oder gar den Breitengraden entspricht. Die Plankton-Expedition hat im warmen Gebiet relativen Reichtum angetroffen in der „Kältezunge“ des Südäquatorialstromes nahe dem Äquator, andrerseits besonders grofse Armut in der stromstillen Sargassosee, im kühlen Gebiet aufserordentlichen Reichtum in der Irminger See, dagegen in denselben und auch in höheren Breiten relative Armut im Golfstrom,

der aus warmen Gebieten stammt. Ich habe das im Hinblick auf die Stickstoffrage 1899 kurz in dem Satze ausgedrückt: „wie die Gebiete selbst verhalten sich im grofsen und ganzen auch die von ihnen ausgehenden Strömungen."

Für die Produktion auf hoher See, wie in seichten Gebieten, kommt es unter anderem darauf an, wieviel anorganische Nährstoffe im Laufe des Jahres denjenigen Wasserschichten, in denen die Algen assimilieren können, zugeführt werden. Dabei handelt es sich in erster Linie um solche Nährstoffe, die eventuell im Minimum vertreten sein können. Die Ergänzung der Stickstoffverbindungen in den oberen Meeresschichten findet teils innerhalb des Bestandes des Ozeans — aus tieferen Wasserschichten und vom Boden aus — statt, teils durch Zufuhr von aufsen her, vor allem von der Atmosphäre aus und von den Flüssen des Festlandes. Dafs die Entnahme von zahlreichen Bodenproben in verschiedenen Gebieten und ihre gründliche Untersuchung nicht blofs in zoologischer und botanischer, sondern auch in chemischer, physikalischer und bakteriologischer Hinsicht für ein Verständnis des Stoffwechsels im Meere unentbehrlich ist, habe ich (in der Anlage zum Christiania-Programm 1901 und in meiner zweiten Abhandlung über den Stoffwechsel im Meere 1902, S. 46, 74—75, 77—79) näher dargelegt. Ein Teil dieser Untersuchungen ist auch bereits ausgeführt.

Bei Vergleich verschiedener Meeresgebiete ist zu erwarten, dafs dasjenige am meisten Pflanzen produziert und daher auch am meisten Tiere ernähren kann, in dem die Zufuhr an gelösten Nährstoffen im Laufe eines Jahres am reichlichsten ist. Da, wo die Zufuhr eine kontinuierliche ist, wird die Gesamtmenge der Algen auch geringen Schwankungen unterliegen, — vorausgesetzt, dafs die übrigen Produktionsbedingungen, vor allem auch Licht und Wärme, während des ganzen Jahres nicht oder nur sehr wenig sich ändern (wie das vor allem im Tropengebiet der Fall ist) —, während bei einer im Laufe des Jahres recht verschieden starken Ergänzung der Nährstoffe eine periodische Entwicklung der Algen eintritt. Aber auch ein solches Gebiet, in dem wenigstens zeitweise im Jahre eine starke Ergänzung der verbrauchten Nährstoffe ein periodisches Ansteigen der Flora möglich macht, wird während des Jahres im ganzen mehr Organismen ausbilden,

als ein anderes, in dem während des ganzen Jahres eine sehr spärliche Zufuhr an Nährstoffen stattfindet. Das habe ich nie bezweifelt oder gar bestritten. Selbstverständlich ist die Gesamtproduktion während eines Jahres in einem Gebiete auch von dem Grade der Ergänzung der verbrauchten Nährstoffe abhängig, und alle Wasserbewegungen, die Strömungen, die Wellen- und die Gezeitenbewegungen usw., sind — ähnlich wie die Luftbewegungen für die Landpflanzen — von Bedeutung für die Produktion. Es sind aber nicht die Strömungen selbst, die Algenreichtum hervorrufen, sondern die Nährstoffe, die sie mit sich führen. Der Floridastrom z. B., einer der stärksten Meeresströme, zeigt eine auffallende Planktonarmut. Das hängt, wie die ganze Ergänzungsfrage, mit dem Gesetz vom Minimum zusammen.

Dafs wenigstens an tieferen „Poseidon"-Stationen in der Nord- und Ostsee das Wasser in der Nähe des Grundes stets reicher an Nitrat ist, als das Oberflächenwasser, hatten schon die ersten Veröffentlichungen über die Poseidon-Fahrten ergeben (23—25). Dieser grofse Nitratreichtum des Tiefenwassers hängt in unseren Küstenmeeren mit einem noch weit bedeutenderen Nitratreichtum des Bodenmaterials zusammen, über den Raben vor kurzem die ersten Mitteilungen veröffentlicht hat (26).

Auch auf hoher See findet, wie aus den neueren Untersuchungen von „Gaufs" und „Planet" bezüglich der Nitrate mit Wahrscheinlichkeit hervorgeht, eine Ergänzung vom Boden aus statt, doch scheint diese sich im allgemeinen nur im Laufe sehr langer Zeit ganz allmählich zu vollziehen. Die gröfseren und schwereren Leichen werden auch in tiefen Meeren mit wohlerhaltenem Weichkörper bis zum Grunde hinabsinken und dort teils den Tiefseetieren, teils den Fäulnisbakterien zugute kommen. Ein — wahrscheinlich nur geringer — Teil wird durch Bedecken mit Bodenablagerungen dem Kreislauf des Stoffes im Meere entzogen werden. Die wieder in Lösung gebrachten anorganischen Nährstoffe werden vielleicht erst nach Jahrhunderten durch die säkularen Wasserverschiebungen in die obersten Schichten gelangen, wo sie dann den assimilierenden Algen wieder zur Verfügung stehen.

Die kleinen und kleinsten Planktonorganismen aber sinken wegen ihrer relativ grofsen Oberfläche viel zu langsam, als dafs sie nicht unter-

wegs verfaulten. Ihre Leibessubstanz wird, ebenso wie der Kot und andere Ausscheidungen der Tiere, schon in verhältnismäfsig kurzer Zeit, nachdem sie durch Bakterien wieder in anorganische Form übergeführt sind, den Algen für die Bildung von Eiweissubstanzen zugängig gemacht. Jedenfalls vollzieht sich ein erheblicher Teil des Kreislaufes der Stickstoffverbindungen im Wasser selbst und sogar in den „produzierenden" oberen Schichten. Diese oberen und obersten Schichten sind es auch, die von der Atmosphäre und von den Flüssen des Festlandes immer neue Zufuhr an Nitrat und Ammoniak erhalten.

Die neuerdings namentlich von Schott, Brennecke u. a. angeführten Tatsachen sprechen dafür, dafs auf hoher See nahe dem Äquator kühleres Wasser ganz allmählich, aber wohl beständig aus der Tiefe emporsteigt. Brennecke (11) zieht diesen Schlufs im „Planet"-Werk aus seinen Ermittlungen über den Verlauf der Isothermen (Taf. 19), Isohalinen (Taf. 20) und der Isodensen (Taf. 21) im Atlantischen Ozean und ergänzt diese Tatsachen in wertvoller Weise durch die Tafeln 22 und 23, in denen auch die vertikale Verteilung des Sauerstoffgehaltes im Atlantischen Ozean dargestellt ist. Seine Vorstellung von der horizontalen und vertikalen Zirkulation der Wassermassen im Atlantischen Ozean fafst er (11, S. 98) zu folgenden Sätzen zusammen:

„Das leichte, warme und salzarme Oberflächenwasser der Tropen wird durch die Winde in höhere Breiten verfrachtet, wo in 30—40° Breite sich sein Salzgehalt erhöht, seine Temperatur ab- und seine Dichte zunimmt, so dafs ein Teil des Wassers bis in einige hundert m Tiefe sinkt. Je weiter das Oberflächenwasser nach polaren Breiten vordringt, um so mehr erhöht sich, da es sich stetig abkühlt, seine Dichte. Infolgedessen mufs es zu immer gröfseren Tiefen absinken und das äquatorwärts befindliche Wasser, da es viel schwerer wie letzteres ist, verdrängen. Dieses äquatoriale Tiefenwasser wird also einerseits als Ersatz für die polwärts abgeführten grofsen Wassermengen der Oberfläche, andrerseits durch Druck- oder Dichteunterschiede zwischen äquatorialen und höheren Breiten gezwungen, wieder an die Oberfläche geführt, indem es nach und nach dem aus den Subtropen nach den Tropen geführten Wasser beigemengt wird."

Eine weitere Bestätigung und Ergänzung der Folgerung, dafs in der Nähe des Äquators Tiefenwasser emporsteigen wird, bilden auch die Feststellungen über den Gehalt an Nitrat-Stickstoff während der Fahrt des „Planet“ durch den Atlantischen Ozean. Schon Gebbing hatte auf Grund der Tatsache, dafs die beiden „Gaufs“-Stationen in der Nähe des Äquators relativ hohe Werte für Nitrat-Stickstoff in verhältnismäfsig geringen Tiefen ergaben (bei 0° 16′ N 360 mg in 185 m, bei 5° 27′ N 210 mg in 90 und 390 mg in 275 m Tiefe), den Schlufs gezogen, dafs ein Aufquellen am Äquator stattfindet. Das Bild, das die zahlreicheren Tropenstationen des „Planet“ liefern, ist noch deutlicher. Wenn man die Linien gleichen Nitratgehaltes in den Vertikalschnitt der vorhererwähnten ozeanographischen Tafeln 22 oder 23 des „Planet“-Werkes einzeichnet, so schiebt sich ein Keil von nitratreichem Wasser zwischen die beiden jederseits vom Äquator gelegenen Minima des Sauerstoffgehaltes. Dieser in den oberen Schichten schräg aufwärts gerichtete Keil erreicht am Äquator die Oberfläche. Ein ähnlicher aufwärts gerichteter Keil ist auch bei 16—17° S an der Südseite des Sauerstoffminimums erkennbar, doch ist er an dem vorliegenden Material nicht bis zur Oberfläche zu verfolgen. Ähnlich ist es, wie die nachstehenden tabellarischen Übersichten (S. 42 u. 43) zeigen, auch im Indischen Ozean, sowohl in der Nähe des Äquators als zwischen 16 und 17° s. Br. Sind auch die Untersuchungen bisher nur höchst lückenhaft, so zeigen doch schon die vorhandenen Proben deutlich, dafs es auch für die Hydrographie von grofser Wichtigkeit zu werden verspricht, wenn zahlreiche Hochseeproben aus verschiedenen Tiefen auf ihren Nitratgehalt sorgfältig untersucht werden.

Aufser dem nitratreichen Wasser, das allmählich, aber vermutlich beständig, aus der Tiefe den oberen Schichten der Tropen zugeführt wird, erhält das Oberflächenwasser Nitratzufuhr aus der Atmosphäre bei den starken tropischen Regengüssen in dem ganzen Gürtel zwischen dem Äquator und etwa 10° N (Schott, Taf. 24). Da die drei äquatorialen Strömungen eine Verteilung des der Oberfläche zugeführten Nitrates in horizontaler Richtung herbeiführen, so müfste man gerade im Tropengebiet einen ungewöhnlich hohen Nitratgehalt und ein üppiges Gedeihen der Planktonalgen erwarten. Beides ist aber nach den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen

nur stellenweise der Fall. Im allgemeinen sind Tropen und Subtropen nebst den von ihnen ausgehenden Strömungen (z. B. Golfstrom) arm an Nitrat und zugleich arm an Plankton. Die Tatsache, dafs ein gewisser Parallelismus von Nitratgehalt und Planktongehalt im offenen Ozean vorliegt, stützt meine Annahme, die Menge der Stickstoffverbindungen könne von ausschlaggebender Bedeutung für die Produktion im Meere sein. Die weitere Tatsache, dafs trotz Nitratzufuhr von oben wie von unten — und trotz des reichlichen Vorrats in geringen Tiefen, der infolge der Diffusion nach und nach in die oberen Schichten gelangt, — doch der Nitratgehalt in den oberen Wasserschichten der Tropen recht gering ist, spricht zugunsten meiner Annahme, dies sei auf Begünstigung des Gedeihens denitrifizierender Bakterien durch die Wärme des Tropenwassers zurückzuführen.

Wie aus den Tabellen (S. 33—35) hervorgeht, liegt die bemerkenswerte Tatsache vor, dafs im offenen Ozean (zwischen 50° s. und 35° n. Br.) in einer bestimmten intermediären Schicht von etwa 800 m Tiefe der Nitrit- und Nitratgehalt am höchsten ist. Diese Tatsache hat schon Gebbing, dem nur ein ungewöhnlich hoher Wert (620 mg in 825 m Tiefe) vorlag, hervorgehoben; sie geht aber klarer aus dem reichen Material des „Planet“ hervor. Diese eigenartige Erscheinung wird erst erklärt werden können, wenn wir wissen, wie, wo und unter welchen Umständen Nitrate und Nitrite im Meere gebildet werden. Vorläufig ist das für den offenen Ozean noch unbekannt. Bei Untersuchungen, die Baur mit mir zusammen in Kiel ausgeführt hat, konnten in Bodenproben der Kieler Bucht bei geeigneter Kultur nitrifizierende Bakterien nachgewiesen werden. Ich nahm auch für den Ozean das Vorhandensein von Nitrobakterien an (4, S. 64). Nathansohn, dem es nicht gelungen war, im Golf von Neapel nitrifizierende Bakterien nachzuweisen, hat dann das Vorkommen von Nitrobakterien im Mittelmeer und im offenen Ozean bestritten. Seitdem ist aber durch Thomsen (28) in Kiel der Nachweis erbracht worden, dafs auch in frischen Bodenproben des Golfes von Neapel nitrifizierende Bakterien vorkommen. Für den offenen Ozean sind sie noch aufzufinden.

Das bis jetzt vorliegende Tatsachenmaterial über die Verteilung von Nitrat, Ammoniak und Albuminoid-Ammoniak spricht für meine Annahme, dafs nicht durch anorganische Prozesse, sondern, wie auch im Süfswasser,

„Planet“,

Tiefe m						Nr. 17 21° 14′ S	16 17° S	15 16° 37′ S	14 11° 50′ S	13 9° 31′ S	12 5° 13′ S
0						165	77	77	79	59	90
400						326		555		303	
800						482		612		483	
3000						510					

„Gaufs“,

Tiefe m	Nr. 1 35° 12′ S	2 34° 12′ S	3 28° 46′ S	4 28° 22′ S	5 27° 18′ S	6 23° 34′ S		7 15° 52′ S
0		220			270	130		190
90				135				
160—185				160		160		
270—275								
365			330	190		325		
550				270				
700—730	405		440	360				
825								
915			520	440		440		
1095—1190			420	455				
1280			420	445				
1465			490	475		535		
1645				520				
1830								
1965								

„Planet“,

Tiefe m	Br. O. L.	Nr. 21 49° 35′ S 29°	22 48° 17′ S 34°	23 42° 50′ S 32°	20 41° 35′ S 20°	24 38° 15′ S 32°	25 36° 38′ S 32°	28 36° 42′ S 42°	26 31° 49′ S 33°
0		77	356	328	101	137	83	107	
400									
800		615						375	
2000									496

„Gaufs“,

Tiefe m						38° 40′ S 78° O		35° 16′ S 74° O	32° 57′ S 74° O
0						205			
10									130
185								345	
730									
915								470	
1250									
1645									

Atlantischer Ozean.

11 0° 42′ N	10 2° 40′ N	9 5° 55′ N	8 6° 57′ N	7 11° 9′ N	6 13° 16′ N	5 19° 37′ N		4 31° 10′ N	3 34° 46′ N	2 41° 19′ N	1 46° 52′ N
169	65	65	72	70	63	86		65	**358**	71	78
	442		280						298		
	575		539						**500**		

Atlantischer Ozean.

8 0° 16′ N	9 5° 27′ N	10 7° 26′ N			11 20° 41′ N	12 28° 41′ N	13 32° 29′ N		14 46° 32′ N	15 49° 47′ N
		100			95	73	100		125	135
	210				145	105				
360										
	390				240					
						225				
					385	390				
					455	365				
	620									
	435				485	455				
					385	455				
	390									

Indischer Ozean.

30 24° 24′ S 49°	32 19° 3′ S 62°	31 16° 29′ S 52°	33 13° 29′ S 66°	41 10° 11′ S 109°	40 9° 46′ S 108°	42 9° 36′ S 112°	34 8° 45′ S 65°	37 0° 44′ S 97°	35 1° 52′ N 75°	36 3° 32′ N 88°
	116	73	76	61	64		98	79	71	80
117		259				382	**418**	210	240	**552**
355		**528**				**460**	364	347	**582**	**576**

Indischer Ozean.

25° 7′ S 56° 0										
320										
470										
410										

durch lebende Organismen Ammoniak oder auch Albuminoid-Ammoniak in Nitrit und Nitrat umgewandelt wird. Bei den Fäulnisvorgängen entstehen infolge der Lebenstätigkeit von Bakterien aus Eiweifsstoffen und anderen stickstoffhaltigen organischen Substanzen Ammoniakverbindungen. Es müfsten also im wesentlichen diese Stickstoffverbindungen im Meere vorhanden sein. Das nahm man auch irrtümlicherweise bis zum Anfange dieses Jahrhunderts an. Die mitgeteilten Untersuchungen zeigen aber, dafs im offenen Ozean in allen Teilen Ammoniak und Nitrat vorkommen, von letzterem aber meist weit mehr.

Der Ammoniakgehalt zeigt, wie oben erwähnt, im allgemeinen keine nennenswerte Abhängigkeit von der Temperatur, doch ist zu konstatieren, dafs in den hohen nördlichen und südlichen Breiten im allgemeinen mehr Ammoniak als in niederen vertreten ist. Besonders reichlich fand es sich in einem Teil der antarktischen Wasserproben („Gaufs“ höchstens 330 [?], andrerseits aber nur 20 mg Ammoniak-Stickstoff) und in manchen Wasserproben der Spitzbergen-Expedition des Grafen Zeppelin (30—210 mg Ammoniak-N in 1 cbm). Infolge der Fäulnisprozesse ist viel Ammoniak entstanden, das bei der niedrigen Temperatur nur langsam nitrifiziert wird. In manchen Wasserschichten aber findet sich auch bei den Spitzbergen-Proben ein recht niedriger Ammoniakgehalt, verbunden mit hohem Nitratgehalt. In diesen Fällen hat augenscheinlich eine weitgehende Nitrifikation stattgefunden.

Als Beispiel möchte ich die von Raben (26, S. 221 und 222) gewonnenen und bereits veröffentlichten Zahlen zusammenstellen, die die nördlichste, bis jetzt auf Stickstoffverbindungen untersuchte Stelle betreffen, Station III der Spitzbergen-Expedition: 2. August 1910, 80° 03′ N 11° 01′ O, nördlich von Spitzbergen, Wassertiefe 389 m, Oberflächentemperatur 5°, 100 m 3.47°.

0 m	150 mg	Ammoniak-N	+	160 mg	Nitrat-N	zusammen	310 mg	N	in 1 cbm
30 m	70 mg	„	+	170 mg	„	„	240 mg	N	„ 1 cbm
60 m	210 mg	„	+	170 mg	„	„	380 mg	N	„ 1 cbm
100 m	30 mg	„	+	310 mg	„	„	340 mg	N	„ 1 cbm
200 m	70 mg	„	+	260 mg	„	„	330 mg	N	„ 1 cbm.

In auffallender Weise wechseln Schichten, die an Ammoniak sehr reich oder aber sehr arm sind, miteinander ab. In 100 m Tiefe ist der Ammoniakgehalt sehr gering (30 mg N), in 60 m extrem hoch (210 mg N), in 30 m wieder ziemlich gering, im Oberflächenwasser dagegen wieder recht hoch. Die zuweilen bedeutende Verringerung des Ammoniakgehaltes in übereinander liegenden Wasserschichten derselben Stelle ist mit einer deutlichen Zunahme des Nitratgehaltes verbunden. Die beiden unteren Proben der Station III lassen klar erkennen, dafs hier der Ammoniak-Stickstoff der tiefsten Probe durch Nitrat-Stickstoff in der darüber liegenden Wasserschicht ersetzt ist. Ähnlich ist es bei der Station V derselben Expedition:

150 m	(1,70°)	60 mg	Ammoniak-N	+	280 mg	Nitrat-N,	zusammen	340 mg N	in	1 cbm
250 m	(2,25°)	140 mg	„	+	210 mg	„	„	350 mg N	„	1 cbm.

Darin wird man Anzeichen der Nitrifikation im freien Wasser, jedenfalls in grofser Entfernung vom Boden, erblicken können. Auch für die Nord- und Ostsee liegen Anhaltspunkte dafür vor, dafs nicht blofs am und im Boden, sondern auch im Wasser Nitratbildung stattfindet. Ein genauerer Vergleich der Spitzbergen-Proben ergibt, dafs hier ein Seitenstück vorliegt zu der Tatsache, dafs im offenen Ozean, vor allem im Tropengebiet, der Nitratgehalt in 800 m Tiefe am höchsten ist. In der Gegend von Spitzbergen erreicht er sein Maximum in 50—150 m Wassertiefe, auch an Stellen, die mehr als 1700 m tief sind. Nicht nur nach der Oberfläche, sondern auch nach der Tiefe hin ist der Nitratgehalt geringer als in dieser Zwischenschicht. Wie es in der Nähe des Bodens und im Boden selbst ist, werde ich in einer anderen Arbeit auf Grund der für Nord- und Ostsee ausgeführten Untersuchungen darlegen.

Als Mittelwert für den Ammoniakgehalt habe ich (7, S. 56) auf Grund von Natterers Angaben über 112 Wasserproben aus dem Mittelmeer usw. 0,050 mg in 1 l (50 mg in 1 cbm) berechnet. Die 114 „Planet"-Proben lieferten Gräf (17) denselben Mittelwert auch für den Ozean.

Wenn 50 mg Ammoniak-N in 1 cbm Ozeanwasser durchschnittlich vertreten sind, so wird man die Werte 31—69 mg als dem Mittel näher kommend unterscheiden können von denjenigen, die über oder unter diesem erweiterten Mittel liegen. Wie die nachstehende Tabelle zeigt, ist der

Ammoniakgehalt in den Oberflächenproben, sowie in den Proben aus 400 und 600 m und aus 1000—3000 m in der Mehrzahl der Fälle (69—75 %) diesem erweiterten Mittel entsprechend. Nur die Wasserproben aus 800 m Tiefe zeigen ein anderes Verhalten. Von den 17 untersuchten Proben aus dieser Wassertiefe entsprachen nur 41 % dem erweiterten Mittel, 41 % enthielten weniger als 31 mg Ammoniak-N und rund 18 % mehr als 70 mg N (81—130 mg).

mg N als NH_3 in 1 cbm	Zahl aller Proben	%	Zahl der Proben aus 0 m	%	Zahl der Proben aus 400 u. 600 m	%	Zahl der Proben aus 800 m	%	Zahl der Proben aus 1000—3000 m	%
4—30	22	19.3	12	18	3	13.6	7	41.2	1	12.5
31—69	76	66.7	46	68.6	16	72.7	7	41.2	6	75
70—130	16	14	9	13.4	3	13.6	3	17.6	1	12.5
	114	100	67	100	22	100	17	100	8	100

Da für die deutsche Südpolar-Expedition 27 brauchbare (aber wohl etwas zu hoch ausgefallene) Ammoniakbestimmungen für atlantische und indische Proben von Gebbing vorliegen, so ziehe ich diese zum Vergleich mit den 114 vom „Planet“ erhaltenen Werten heran.

mg N als NH_3 in 1 cbm	0—400 m	%	550—915 m	%	1000—2000 m	%
4—30 mg (6 Proben)	1	12.5	4	40	1	11.1
31—69 „ (14 „)	5	62.5	2	20	7	77.8
70—130 „ (5 „)	1	12.5	3	30	1	11.1
150 „ (1 Probe)	—	—	1	10	—	—
220 „ (1 „)	1	12.5	—	—	—	—
Zusammen 27 Proben	8	100	10	100	9	100

Das Ergebnis ist ähnlich wie bei den „Planet“-Proben, nur ist die Verschiedenheit des Ammoniakgehaltes in den Wasserschichten zwischen 550 und 915 m Tiefe hier noch auffallender. Nur 20 % der Gauss-Proben aus diesen Tiefen zeigen einen mittleren Gehalt an Ammoniak-N; 40 % (bei „Planet“ 41 %) zeigen eine erhebliche Herabsetzung des durchschnittlichen und im allgemeinen ja ziemlich konstanten Ammoniakgehaltes. Das ist wegen der z. T. recht hohen Werte für Nitrit + Nitrat-Stickstoff zu erwarten. Die in Tiefen von etwa 800 m konstatierten Werte, die höher

sind als das erweiterte Mittel, fasse ich als Anzeichen von Fäulnisvorgängen, die sich hier abspielen, auf, den ungewöhnlich niedrigen Ammoniakgehalt in anderen Proben aus dieser Tiefe als Beweis für Nitrifikation, besonders dann, wenn dieser sehr geringe Ammoniakgehalt gepaart ist mit relativ hohem Nitratgehalt in derselben Probe. Jedenfalls wird es sich empfehlen, nicht blofs am Boden, sondern besonders auch in den Wasserschichten von etwa 800 m nach nitrifizierenden Bakterien zu suchen.

Zum Belege führe ich noch einige Beispiele an. Von den sechs atlantischen „Planet"-Proben aus 400 m Tiefe ergeben vier (St. 3, 8, 13, 17) einen Gesamtgehalt anorganischen Stickstoffes (Nitrat + Ammoniak) von 352—370 mg; sie liegen also innerhalb ganz enger Grenzen. Dabei schwankt ihr Gehalt an Ammoniak-Stickstoff zwischen 37 und 90 mg. Je weniger Nitrat, desto mehr Ammoniak ist also in diesen Fällen vorhanden. Die beiden anderen Proben (St. 10 und 15) unterscheiden sich von den vier schon erwähnten durch recht hohen Gehalt an Gesamtstickstoff (468 bezw. 574 mg N), und gerade bei diesen zwei Proben ist der Gehalt an Ammoniak-Stickstoff extrem niedrig (26 bezw. 19 mg N). Das deutet auf starke Nitrifikation hin.

Ähnlich ist es bei indischen „Planet"-Proben aus 800 m und einer pazifischen Probe (St. 58) aus 1000 m. Die Werte sind folgende: bei St. 31 528 mg Nitrat- und 23 mg Ammoniak-Stickstoff, St. 35 582 und 36, bei St. 36 576 und 17, bei St. 58 (1000 m) 535 und 29. Während die drei angeführten indischen Wasserproben aus 800 m einen Gesamtstickstoffgehalt von 551—618 mg N aufweisen, zeigen fünf andere einen niedrigeren N-Gehalt (375—490 mg); diesen schliefst sich die pazifische Probe aus 800 m von St. 58 unmittelbar an. Bei drei dieser Proben (St. 28, 30, 42) ist der Gehalt an Ammoniak-N sehr niedrig (20—30 mg N), bei den drei anderen (34, 37, 58) etwas über oder unter dem Mittel (40—56 mg N).

Bei den sechs atlantischen Proben aus 800 m Tiefe von den vorher aufgezählten Stationen kann man drei Werte (St. 3, 13, 17) mit niedrigerem Gesamtstickstoffgehalt (448—559 mg N) unterscheiden von den drei anderen (St. 8, 10, 15), die durch sehr hohen Gehalt an Gesamtstickstoff (620—665 mg N) ausgezeichnet sind. Den drei letzten Proben schliefst sich die Probe

aus 3000 m (St. 17) eng an mit 617 mg Gesamt-N. Von diesen vier Werten mit ähnlich extremem Stickstoffgehalt besitzt diejenige, die den höchsten Nitratgehalt (St. 15 mit 612 mg N) aufweist, ganz besonders niedrigen Ammoniakgehalt (15 mg), während bei den drei anderen Proben der Ammoniakgehalt zwischen 81 und 107 mg N, der Nitratgehalt zwischen 510 und 575 mg N schwankt. Bemerkenswerterweise zeigt die Probe aus 3000 m 510 mg Nitrat-N und 107 mg Ammoniak-N.

Zieht man endlich noch die „Planet"-Probe von St. 21 aus 800 m Tiefe mit sehr hohem Nitratgehalt (615 mg N) in Betracht, so würde sie der atlantischen „Planet"-Probe von St. 15 aus 800 m genau entsprechen, wenn man annehmen darf, dafs der Ammoniakgehalt 13 mg N und nicht, wie in Gräfs Tabelle angegeben, 130 mg N beträgt. Ist aber das letztere richtig, so wäre ein ganz aufserordentlich hoher Ammoniakgehalt in der Probe vorhanden, wie er bei dem sehr bedeutenden Nitratgehalt nicht zu erwarten ist. Eine gewisse Ähnlichkeit läge dann nur mit der einzigen, bis jetzt auf Stickstoffgehalt untersuchten Wasserprobe aus sehr grofsen Tiefen (3000 m) vor (Planet-St. 17), doch wären sowohl Ammoniak- wie Nitratgehalt noch bedeutend höher als bei dieser.

Wenn man diesen einen zweifelhaften Wert durch Einklammern hervorhebt und nur die Tiefenproben der Hochseestationen des „Planet" berücksichtigt, so erhält man nachstehende Tabelle, die noch deutlicher als die oben (S. 46) gegebene — sämtliche 114 Planetproben zusammenfassende — die Besonderheit der 800 m-Schicht erkennen läfst.

Die 19 Hochseestationen des „Planet", von denen Tiefenproben untersucht sind.

	400 m	800 m	1000—3000 m
15— 30 mg NH_3-Stickstoff	2 Pr.	7 Pr.	1 Pr.
32— 40 „ „	3 „	3 „	2 „
41— 49 „ „	3 „	1 „	1 „
50— 60 „ „	3 „	2 „	—
61— 69 „ „	3 „	—	—
70— 80 „ „	—	—	—
81—107 „ „	1 „	2 „	1 „
(130?) „ „	—	(1?)	—
Zusammen	15 Proben	15 Proben	5 Proben.

VI.

Der Nitratgehalt der Oberflächenproben aus verschiedenen Gebieten.

1. Tropengebiet.

In der nachstehenden Tabelle habe ich die Mittelwerte für Nitrat- und Nitrit-Stickstoff, sowie für Ammoniak-Stickstoff derjenigen Oberflächenproben des „Planet“ zusammengestellt, die in den drei Ozeanen zwischen dem 24.° S und dem 25.° N, also fast genau in den Tropen liegen. Die Anzahl der Proben und die Durchschnittstemperatur ist dabei angegeben; aufserdem sind unterschieden worden die Proben, die auf hoher See, und diejenigen, die in der Nähe der Küsten (z. T. sogar in Häfen) entnommen sind.

„Planet“-Proben.

Nur Oberfläche	Trop. Atlantik 19° N — 21° S	Trop. Indik 3° N — 24° S			Trop. Pazifik 25° N — 4° S			Im Tropengebiet aller 3 Ozeane 25° N — 24° S		
	Hochsee	Hochsee	Küste	Alle Proben	Hochsee	Küste	Alle Proben	Hochsee	Küste	Alle Proben
Anzahl der Proben . .	13	9	3	12	12	15	27	34	18	52
mg N als Nitrat + Nitrit	88	77	62	74	66	84	76	78	80	79
mg N als NH_3 in 1 cbm	46	43	41	43	50	43	46	46	42	45
Durchschnitts-Temperat.	25.3°	27.3°	28.4°	27.6°	28.3°	28.3°	28.3°	26.9°	28.3°	27.4°

Für Nitrit- und Nitrat-Stickstoff beträgt das Mittel der 34 Hochseeproben von der Oberfläche des Tropengebietes 78 mg, das für Ammoniak-Stickstoff 46 mg. Fügt man die 18 Küstenproben hinzu, so werden die Durchschnittswerte fast gar nicht verändert. Die höchsten Werte für Nitrat-Stickstoff weisen — bei niedriger Durchschnittstemperatur — die Hochsee-

proben des Atlantischen Ozeans auf (88 mg), während die entsprechenden Proben des Westpazifischen Ozeans — bei einer Mitteltemperatur von 28.3° — einen recht niedrigen Durchschnittswert ergeben (66 mg). Dafs der mittlere Gehalt der tropischen Hochseeproben des Atlantischen Ozeans an Nitrat-Stickstoff so hoch ist, liegt daran, dafs an zwei Stellen des Südäquatorialstromes (St. 11 und 17) Werte erhalten sind, die etwa doppelt so hoch waren als das Mittel. Hier wird wohl aufsteigendes Tiefenwasser mit in Betracht kommen. Die nachstehende Übersicht gibt — unter Trennung der Durchschnittsproben von denen mit auffallend hohem Nitratgehalt — die beobachteten Grenzwerte für das Tropengebiet an.

					N als $N_2O_3 + N_2O_5$		N als NH_3
13	11	Proben,	Atlantischer Ozean,	Hochsee	59—90	(Mittel 73 mg)	20—83 mg
	2	„	„	„	165—169		20—24 „
9	8	„	Indischer „	„	61—87	(Mittel 74 mg)	29—61 „
	1	„	„ „	„	116		34 „
	3	„	„ „	Küste	40—76		37—44 „
12	11	„	Pazifischer „	Hochsee	44—95	(Mittel 62 mg)	35—73 „
	1	„	„ „	„	117		24 „
15	12	„	„ „	Küste	39—93	(Mittel 70 mg)	4—70 „
	3	„	„ „	„	114, 117, 188		34, 66, 22 „

Den höchsten Werten für Nitrat-Stickstoff stehen recht niedrige für Ammoniak-N zur Seite. Nur bei einer Küstenstation des Pazifischen Ozeans liegt ein verhältnismäfsig hoher Wert für Ammoniak-Stickstoff vor (66 mg bei 117 mg N als Nitrat + Nitrit). Die kleine Übersicht zeigt zugleich, dafs die Abweichungen vom mittleren Gehalt an Nitrat-Stickstoff an den Küstenstellen (z. T. Häfen) gröfser sind, als auf der Hochsee des Tropengebietes. Der höchste und der niedrigste Wert für Nitrat-Stickstoff in tropischen Meeren sind an Küstenplätzen gewonnen. Wie diese sicherlich auf lokale Besonderheiten zurückzuführen sind, hängen wohl auch die wenigen hohen Werte, die auf der hohen See des Tropengebietes angetroffen sind, mit einer örtlich beschränkten Anreicherung des Oberflächenwassers durch aufwärts bewegtes Tiefenwasser zusammen.

Vom „Gauſs“ lagen Gebbing nur vier Oberflächenproben aus dem Tropengebiet des Atlantischen Ozeans zur Untersuchung vor, nämlich folgende:

24. 8. 03	23° 34′ S	4° 14′ W	Mittlerer N-Gehalt als $N_2O_3 + N_2O_5$	**130** mg	bei	18.7°
2. 9. 03 (bei St. Helena)	15° 52′ S	5° 44′ W	„ „ „ „	**190** mg	„	19.8°
2. 10. 03	7° 26′ N	22° 44′ W	„ „ „ „	**100** mg	„	27.8°
13. 10. 03	20° 41′ N	31° 53′ W	„ „ „ „	**95** mg	„	26.7°

Danach würde zwischen 23° S und 21° N der mittlere N-Gehalt in Form von Nitrat + Nitrit **129** mg pro cbm (in der Zeit von August bis Oktober) bei 23° betragen. Diesem aus nur vier Proben abzuleitenden Mittelwert des „Gauſs“ aus dem tropischen Atlantischen Ozean steht der von **88** mg (bei 25.3°) des „Planet“ aus demselben Gebiet, und zwar für 13 Proben, gegenüber, und wenn man das Mittel der 34 „Planet“-Oberflächenproben aus dem Tropengebiet aller drei Ozeane zum Vergleich heranzieht, so erhält man sogar den sehr niedrigen Mittelwert **78** mg Nitrat-Stickstoff in 1 cbm Meerwasser (bei 26.9°). Die „Planet“-Proben aus tropischen Gebieten sind im Atlantischen Ozean im Februar und März 1906, im Indischen Ozean im Juni, Juli und August 1906 und im Pazifischen Ozean von August 1906 bis September 1907 entnommen. Es liegen also aus dem Westpazifischen Ozean Proben aus allen Jahreszeiten vor.

Die acht Oberflächenproben des Herrn Heynacher (25, S. 311) aus dem Tropengebiet des mittleren Pazifischen Ozeans (Oktober bis Dezember 1904), weisen z. T. einen verhältnismäſsig hohen Nitratgehalt auf (Nr. 4, 5 und 11 enthielten 106, 124 bezw. 117 mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ in 1 cbm), während die fünf anderen (Nr. 6—10) sogar unter dem Mittelwert liegen, den ich nach den „Planet“-Proben für den Stillen Ozean berechnet habe. Die fünf Werte liegen zwischen 24 und 52 mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$. Faſst man alle acht Oberflächenproben des tropischen Pazifischen Ozeans zusammen, so erhält man folgende Mittelwerte: 65 mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ und 49 mg N als NH_3 im cbm bei einer durchschnittlichen Temperatur von 26°. Diese Mittelwerte sind fast genau dieselben, die ich für den westlichen Teil des Pazifischen Ozeans auf Grund der 12 „Planet“-Proben angegeben habe (66 mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ und 50 mg N als NH_3 bei einer durchschnittlichen Temperatur von 28.3°).

2. Oberflächenproben aus dem Atlantischen Ozean nördlich von 28° N.

Aus dem Pazifischen Ozean liegen keine Wasserproben vor, die nördlich vom 28.° N geschöpft wären, dagegen sind im Atlantischen Ozean während der „Planet"-Expedition vier Oberflächenproben gewonnen zwischen 31 und 47° N. Das Mittel derselben beträgt für Nitrit- und Nitrat-Stickstoff 142 mg, für Ammoniak-Stickstoff 47 mg pro cbm bei einer Durchschnittstemperatur von 14.4°. Von diesen vier Proben enthalten drei 65, 71 und 75 mg Nitrat-Stickstoff (im Mittel also 70 mg) und entsprechend 40, 74 und 50 mg N als NH_3, eine aber (St. 3 am 5. 2. 06 im Kanarenstrom westlich von Gibraltar) ergab 358 mg Nitrat-Stickstoff, sowie nur 25 mg Ammoniak-Stickstoff. Dieser eine extrem hohe Wert für Nitrat und Nitrit, auf den auch Gräf (S. 8) besonders hinweist, bedingt also das auffallend hohe Mittel der vier Proben und ist besser gesondert zu betrachten. Gräf ist der Meinung, dafs möglicherweise durch ganz lokal umschriebene Verhältnisse (Zersetzungsvorgänge irgend welcher Art) dieser hohe Wert hervorgerufen ist. Dies mag teilweise zutreffen; noch mehr Wahrscheinlichkeit liegt aber für die Annahme vor, dafs hier Tiefenwasser mit gröfserer Gewalt als in äquatorialen Hochseegebieten hier bis zur Oberfläche gelangt ist. Schott markiert in seiner Geographie des Atlantischen Ozeans (Hamburg 1912) in der Karte der Oberflächenströmungen (Taf. XVI) durch rote Kreuze Gegenden mit aufquellendem, relativ kaltem Tiefenwasser. Auch zwischen Mogador und Tanger, also unweit der Planet-Station 3 ist ein solches Kreuz. Glücklicherweise liegen für diese Station auch Tiefenproben vor, die zum Vergleich mit der Oberflächenprobe an anderer Stelle (s. o. S. 43) schon angeführt sind.

Gebbing, der bei Untersuchung der fünf Oberflächenproben des „Gaufs" nördlich vom 28.° N verhältnismäfsig niedrige Werte für Nitrit- und Nitrat-Stickstoff erhalten hat, glaubt meiner Hypothese durch diese Feststellung den Garaus zu machen. Die fünf Werte habe ich nach Berechnung des Mittels durch besonderen Druck in der nachstehenden Übersicht hervorgehoben.

				mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$ in 1 cbm angegeben	berechnet
20. 10. 03	28° 41′ N	34° 29′ W	24.8°	80	70
	28° 51′ N	34° 26′ W	24.8°	90	75
26. 10. 03	32° 29′ N	32° 6′ W	24.0°	110	100
15. 11. 03	46° 32′ N	13° 33′ W	13.3°	130	125
19. 11. 03	48° 47′ N	6° 56′ W	11.3°	150	130

Ich hatte es nicht anders erwartet. Das Golfstromwasser entstammt dem Tropengebiet und hat dort schon einen Teil seiner anorganischen Stickstoffverbindungen eingebüßt. Daher zeigt es neben relativer Plankton-armut auch ziemlich geringen Gehalt an Stickstoffverbindungen. Nur da, wo Wasser entweder von der Küste und aus der Tiefe (z. B. in der seichten Nordsee oder bei der eben erwähnten Planet-Station 3 im Kanarenstrom) oder aber Wasser aus arktischen Regionen dem Golfstromwasser sich beimischt, findet eine Anreicherung der Stickstoffverbindungen und wohl auch anderer Algennährstoffe statt, und damit die Möglichkeit reichlicherer Planktonproduktion.

Eine zusammenfassende Bearbeitung der zahlreichen Proben aus Nord- und Ostsee, von Norwegen und Spitzbergen, der Barentssee und dem Mittelmeer wird in einer besonderen Arbeit erfolgen.

3. Ozeanische Oberflächenproben südlich vom 30° S.

Außer den schon oben (S. 29) berücksichtigten antarktischen Wasserproben vom „Gauß“, die durchweg hohe Werte von mehr als 400 mg Nitrat-Stickstoff und im allgemeinen auch hohe Werte für Ammoniak-Stickstoff ergeben haben, liegen noch Proben aus mittleren südlichen Breiten vor.

Zunächst kommen zwei „Planet“-Stationen im südlichen Atlantischen Ozean nahe Kapstadt in Betracht (St. 18 und 19). Diese Küstenstellen weisen einen sehr geringen Gehalt an Nitrat-Stickstoff auf, im Mittel nur 57 mg (im einzelnen 61 und 54 mg), bei einem Durchschnittsgehalt von 54 mg Ammoniak-Stickstoff (69 und 39 mg) und einer mittleren Temperatur von 16.1° (April 1906).

Von den zwei südatlantischen „Gauß“-Proben (August 1903) ist auch die eine an der Küste gewonnen: Simonsbay (34° 12′ S, 18° 26′ O) 150 mg

Ammoniak-N und 220 mg Nitrat-N in 1 cbm (13.2°). Die andere Probe ist die einzige Hochseeprobe, die bis jetzt von der Oberfläche des Ostatlantischen Ozeans südlich vom Tropengebiet vorliegt: 27° 18′ S, 2° 51′ O 70 mg Ammoniak-N und 270 mg Nitrat-N bei 16.6°.

Im Gebiet des Indischen Ozeans liegen neun „Planet"-Stationen zwischen 30° und fast 50° S, von denen fünf auf die Westwindtrift, drei auf den Agulhas-Strom und eine auf den indischen Südäquatorialstrom entfallen. Sie sind in der Zeit des Südherbstes (April, Mai) entnommen. Die Werte für die Oberflächenproben sind folgende:

Agulhasstrom (St. 24, 25, 27) und Ind. Südäquatorialstrom (St. 29) 31° 47′ — 38° 15′ S.

St. 24 (30. 4.)	15.8°	137 mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$	35 mg N als NH_3,	zusammen	172 mg N
„ 25 (1. 5.)	19.7°	83 mg „ „ „	43 mg „ „ „	„	126 mg „
„ 27 (16. 5.)	20 3°	104 mg „ „ „	25 mg „ „ „	„	129 mg „
„ 29 (23. 5.)	20.7°	60 mg „ „ „	48 mg „ „ „	„	108 mg „
Im Mittel	19.1°	96 mg „ „ „	38 mg „ „ „	„	134 mg „

Westwindtrift (St. 20—23 und 28) 36° 42′ S — 49° 27′ S.

St. 28 (19. 5.)	36° 42′ S	18.5°	107 mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$	56 mg N als NH_3,	zus. 163 mg N
„ 20 (18. 4.)	41° 35′ S	14.3°	101 mg „ „ „	72 mg „ „ „	„ 173 mg „
„ 23 (27. 4.)	42° 50′ S	11.2°	328 mg „ „ „	104 mg „ „ „	„ 432 mg „
„ 22 (24. 4.)	48° 17′ S	4.5°	356 mg „ „ „	77 mg „ „ „	„ 433 mg „
„ 21 (22. 4.)	49° 27′ S	3.5°	77 mg „ „ „	60 mg „ „ „	„ 137 mg „
Im Mittel		10.4°	194 mg „ „ „	74 mg „ „ „	„ 268 mg „

Von der nördlichsten und der südlichsten Station der Westwindtrift liegen aufser den vorstehend mitgeteilten Oberflächenproben auch Proben aus 800 m Tiefe vor, die ich hier gleich hinzufüge mit dem Bemerken, dafs die beiden Stickstoffwerte der Wasserprobe von Station 21 (800 m) die höchsten sind, die von der „Planet"-Expedition überhaupt konstatiert sind. Ich halte es jedoch nicht für ausgeschlossen, dafs für den Ammoniak-Stickstoff ein Druckfehler in Gräfs Tabelle vorliegt, und dafs es vielleicht heifsen mufs 13 mg (oder 30 mg) statt 130 mg. Bei ungewöhnlich hohem Wert für Nitrat-Stickstoff ist sonst der für Ammoniak-Stickstoff meist unter dem Mittel (vgl. S. 48).

St. 28	800 m	7.4°	375 mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$,	29	mg N als NH_3,	zusammen	400 mg N
„ 21	800 m	2.3°	615 mg „ „	„	130(?) mg „	„	„	745 mg „
Im Mittel		4.8°	495 mg „ „	„	79 mg „	„	„	574 mg „

Durchschnittlich ist der Nitratgehalt der fünf Oberflächenproben der Westwindtrift etwa doppelt so hoch, wie in den entsprechenden Proben des Agulhasstromes; sie sind aber unter einander sehr verschieden. Besonders auffallend ist die Tatsache, dafs an der südlichsten Stelle (St. 21), die in 800 m Tiefe einen extrem hohen Stickstoffgehalt aufweist, an der Oberfläche ein ebenso niedriger Gehalt an Nitrat-Stickstoff vorliegt, wie im Tropengebiet des Indischen Ozeans (77 mg). Die Erklärung dafür wird vielleicht in der Herkunft des Wassers zu suchen sein, also darin, dafs das Oberflächenwasser der Station 21 dem warmen Gebiet entstammt. Diese Deutung scheint mir wenigstens die einleuchtendste zu sein. Sonst käme noch die Möglichkeit in Betracht, dafs in der Gegend der Station 21 einige Zeit vorher eine Wucherungsperiode von Diatomeen stattgefunden hat, die zu einer sehr weitgehenden Erschöpfung des Nitratgehaltes geführt hat; eine Ergänzung aber ist noch nicht eingetreten.

Noch eine Besonderheit liegt für die Oberflächenproben der Westwindtrift vor: der verhältnismäfsig sehr beträchtliche Gehalt an Ammoniak-Stickstoff, der doppelt so hoch ist wie im Agulhasstrom. Von allen Hochseegebieten, die von der „Planet"-Expedition untersucht sind, zeigt nur die Westwindtrift dieses Verhalten, das vielleicht auf unvollkommener Nitrifikation beruht. In hohen nördlichen und südlichen Breiten scheint aber ansehnlicher Gehalt an Ammoniak-Stickstoff die Regel zu sein, wie vor allem die antarktischen Proben der deutschen Südpolar-Expedition zeigen.

Die einzige Oberflächenprobe aus mittleren südlichen Breiten des Indischen Ozeans, die der „Gaufs" mitgebracht hat, stammt von St. Paul und enthält 280 mg Ammoniak-N und 205 mg Nitrat-N in 1 cbm.

Aus höheren südlichen Breiten liegen endlich noch Proben von Heynacher (25, S. 311) vor, und zwar Nr. 13, 14, 15 aus Februar und März (Sommerende und Herbstanfang der südlichen Hemisphäre) zwischen 51 und 54° S, südlich vom Indopazifischen Ozean vor, die bemerkenswerterweise einen äufserst geringen Nitratgehalt aufweisen (15, 49 bezw.

87 mg N als $N_2O_3 + N_2O_5$). Der eine Wert 15 mg ist sogar der geringste, der bis jetzt bei den Untersuchungen seit 1904 überhaupt konstatiert ist. Die Temperatur betrug 11°. Andererseits wiesen diese drei Proben relativ hohe Werte für Ammoniak auf (zwischen 61 und 66 mg N als NH_3). Die „Planet"-Proben von ähnlichen Breiten waren im April und Mai entnommen, fallen also in den Südherbst.

Weiterhin verdanke ich Herrn Heynacher noch drei Oberflächenproben (Nr. 1—3), die im September und Oktober (also im Frühling der südlichen Hemisphäre) östlich und westlich der Südspitze von Südamerika zwischen 46 und 56° S geschöpft sind. In diesen ist der Nitratgehalt den Erwartungen entsprechend hoch (zwischen 231 und 256 mg N), während die Werte für Ammoniak-Stickstoff nur wenig über dem Mittel liegen (50—57 mg).

NOVA ACTA.
Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher.
Band C. Nr. 5.

Über die Uhren im Bereich der islamischen Kultur.

Von

Dr. phil. **Eilhard Wiedemann**

unter Mitwirkung von

Dr. phil. und Dr. techn. **Fritz Hauser.**

Eingegangen bei der Akademie am 24. Mai 1914.

HALLE.
1915.
Druck von Ehrhardt Karras G. m. b. H. in Halle (Saale).

Für die Akademie in Kommission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

I.

Einleitung.

1. Vorbemerkungen.[1])

Auf den folgenden Seiten sollen, soweit mir Nachrichten in gedruckten und vor allem ungedruckten arabischen Werken zugänglich waren, die Uhren geschildert werden, die diejenigen Völker benutzten, welche dem islamischen Kulturkreis angehörten, d. h. die Völker, die man gewöhnlich nach der von ihnen in ihren wissenschaftlichen usw. Werken überwiegend benutzten Sprache als Araber bezeichnet. Dabei sehen wir von der Besprechung der Sonnenuhren in ihren verschiedenen Formen ab und verweisen für diese z. B. auf

[1]) Nachdem die Sammlung des Materiales, dessen Sichtung und die Übersetzung der arabischen Texte durch den einen von uns (E. W.) besorgt war, haben wir gemeinsam die Rekonstruktion der einzelnen Teile usw. unternommen; doch ist hierbei Herrn Dr. Hauser ein ganz hervorragender Anteil zugefallen. In manchen Fällen war es nur Dank seiner technischen Ausbildung möglich, eine richtige oder doch wenigstens wahrscheinliche Lösung für die Angaben der arabischen Techniker zu finden. — Ein von Herrn Dr. Hauser anläfslich unserer Arbeit gefundenes Verfahren gestattete eine genaue Wiedergabe der Zeichnungen getreu dem Originale, ohne zu grofse Mühe und Kosten. Diese Methode besteht darin, dafs man von dem Original eine Photographie (Negativ oder Positiv) auf einem Entwicklungspapier herstellt (mattes Papier eignet sich besser als glänzendes). Auf dieser Photographie zieht man die zu reproduzierenden Linien mit nicht auswaschbarer Tusche nach. Hieranf wäscht man die Photographie mittels eines kräftigen Abschwächers vollkommen aus; es bleibt die Tuschezeichnung allein zurück. Nach dieser läfst sich dann in der üblichen Weise ein Klischee herstellen. Diese Methode ist bereits in der älteren und neueren photographischen Fachliteratur des öfteren beschrieben (u. a. in Eders Handbuch der Photographie, IV. Teil, S. 117/118, Halle a. S. 1899), auch wird sie in der Praxis mehrfach verwendet. Trotzdem scheint sie sehr wenig allgemein bekannt zu sein. Ich habe sie deshalb hier kurz beschrieben; auch hat sie aus demselben Grunde Herr Dr. Hauser selbst noch eingehender an anderer Stelle besprochen (Sitzungsber. der med.-phys. Sozietät zu Erlangen, Bd. 46 S. 170, 1914).

Es sei gleich hier vorausgeschickt, dafs die arabischen Figuren öfters nicht den tatsächlichen Lagen- und Gröfsenverhältnissen entsprechen. So werden vielfach senkrecht zur

eine Arbeit von C. Schoy,[1]) die aber wohl noch mancher Ergänzungen bedarf, um die gesamten Leistungen des Orientes auf diesem Gebiet zu umfassen.

Aus unseren Ausführungen wird sich ergeben, mit welchem Scharfsinn und welchem Geschick Uhren im Anschluſs an byzantinische Vorbilder konstruiert wurden. Die zahlreichen in den uns erhaltenen Werken gegebenen technischen Ausführungen lassen es verstehen, daſs die Araber astronomische Instrumente, wie Astrolabien und Quadranten, so herstellten, daſs man mit ihnen Messungen von oft bewunderter Genauigkeit erhielt.

Den Hauptteil unserer Arbeit wird eine zum Teil gekürzte und erläuterte Übersetzung zweier ausführlicher arabischer Werke über die Uhren bilden, die von *Gazarî* und *Riḍwân* herrühren. Beide lebten um 1200 n. Chr.

2. Geschichtlicher Überblick.

Zunächst sei daran erinnert, daſs man unsern Tag von 24 Stunden in zweierlei Art einteilte. Entweder teilte man ihn in 24 gleiche Stunden ein, diese nannten die Araber gleichmäſsige Stunden (*al Sâʿa al mustawîja*), oder man teilte ihn in Tag und Nacht ein, denen man wiederum je zwölf Stunden zuerteilte, deren Länge je nach den Jahreszeiten verschieden war;

Zeichenebene stehende Teile in diese hereingeklappt. Ferner werden öfters Konstruktionsteile an falscher Stelle gezeichnet, wenn es dadurch gelingt, Überschneidungen zu umgehen. Bei Figuren, welche derartige Eigenarten in ausgedehntem und störendem Maſse besitzen, wird zur Erleichterung des Verständnisses besonders darauf hingewiesen werden.

Zwischen den Figuren in den verschiedenen Handschriften finden sich mannigfach kleine Abweichungen, auf die aber nicht eingegangen zu werden braucht, da sie nicht wesentlich sind.

Ich werde im folgenden vielfach die von mir veröffentlichten Beiträge zur Geschichte usw. zu zitieren haben, die in den Sitzungsberichten der physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen erschienen sind. Sie sind kurz als „Beiträge“ bezeichnet. Bei der Transskription der arabischen Worte habe ich mich der allgemein üblichen Schreibweise bedient, nur statt *ǵ* stets *g* gesetzt und statt *ḫ ch* gewählt. Das *l* des Artikels ist stets beibehalten. Als Vokale sind *a*, *i*, *u* genommen.

In den Figuren ist, um die unterpunktierten Buchstaben zu vermeiden, *ṭ* mit *ϑ*, ʿ mit *α*, *ṣ* mit *σ*, *ḥ* mit *h*, *h* mit *e*, *lâ* mit *λ* wiedergegeben.

[1]) C. Schoy, Arabische Gnomonik. Archiv der Deutschen Seewarte. Bd. 36 S. 1. 1913.

man nannte diese die krummen (*mu'wagga*) oder zeitlichen (*zamânîja*) Stunden. Vielfach werden jetzt die Ausdrücke Äquinoktial- und Temporalstunden verwendet. Wir werden von gleichmäfsigen und zeitlichen Stunden sprechen.

Die Bedürfnisse des täglichen Lebens bedingten schon früh, dafs man Vorrichtungen zum Messen der Zeit herstellte, wenn auch früher die Fähigkeit, aus der Helligkeit, dem Stand der Sonne und der Gestirne die Tageszeit festzustellen, weit entwickelter war als jetzt. Die astronomischen Beobachtungen verlangten, dafs diesen eine grofse Genauigkeit gegeben wurde. Man braucht sich nur daran zu erinnern, dafs der Bewegung eines Gestirnes um 1^0 auf einem Parallelkreis vier Zeitminuten entsprechen. Die Instrumente gestatteten aber weit kleinere Winkel zu messen.

Nur hingewiesen sei, dafs auch die Vorgänge im Tier- und Pflanzenreich zur Zeitbestimmung dienten, so nach *Gâḥiẓ* Hahnen- und Eselsgeschrei; aufserdem erfahren wir von ihm, „dafs die Gärtner, die geübt sind, die Zeit an dem Geruch der Blumen erkennen" (Tierbuch Bd. 2 S. 107; Beiträge X S. 348).

Zur Zeitbestimmung diente vor allem die Bestimmung der Höhe der Sonne; mittels Höheninstrumenten, d. h. dem Quadranten bzw. dem Astrolab, wurden die Wasseruhren geeicht, wie dies mehrfach bei *Riḍwân* und *Gazarî* angeführt ist.

Die Anwendung der Astrolabien wird neben den Schatteninstrumenten von *Gâḥiẓ* erwähnt. „Daran erkennen sie, was vom Tage verflossen ist und was übrig bleibt." Er betont, dafs die Wasseruhren vor allem in der Nacht verwendet werden; er sagt, unsere Könige und Gelehrten benutzten bei Tage die Astrolabien, bei Nacht die Wasseruhren (Tierbuch Bd. 2 S. 107; Beiträge X S. 348).

Das einfachste Mittel, eine Spanne Zeit abzugrenzen, war, diese durch eine bestimmte austretende Sand- oder Wassermenge oder durch eine Strecke auf einer abbrennenden Kerze zu messen. Man erhielt so die Sand,- Wasser- und Kerzenuhren, die in der Antike weit verbreitet waren; es sei nur an die Uhr des Ktesibius erinnert, von der Herr Geh. Kommerzienrat Junghaus eine Nachbildung dem Deutschen Museum geschenkt hat. Eine mit einem Planetarium versehene Uhr schildert Eusebius.[1]) Wasseruhren

[1]) Vgl. zu den antiken Uhren A. Rehm, Realenzyklopädie des kl. Altertums von Pauly-Wissowa-Kroll. Bd. 8 Sp. 2416—2433.

höchst sinnreicher Konstruktion müssen in Byzanz mannigfache Verwendung gefunden haben. Von dort haben sie die muslimischen Völker, bzw. schon früher die Perser, kennen gelernt. Wie sich die Araber die historische Entwicklung dachten, geht aus der später mitzuteilenden Einleitung *Riḍwân's* zu seinem Werk hervor.

Die arabischen Schriftsteller erwähnen einige Griechen, die sich mit der Konstruktion von Uhren abgegeben haben.

Vor allen wird Archimedes als Verfertiger von Uhren genannt. Schon *Nadîm* nennt im *Fihrist* (S. 285), unter denen, die Werke über die Bewegungen geschrieben haben, Archimedes als Verfasser eines Werkes über das Wasserinstrument, das die Stunden anzeigt und Kugeln schleudert. Fast ebenso äufsert sich *Ibn al Qifṭî* (S. 66), nur fügt er hinzu, dafs es ein Buch umfafst habe (vgl. Beiträge III S. 249). Weiter wird das Werk und einige Stellen aus ihm bei *Riḍwân* zitiert und ebenso bei *Gazarî*.

Eine unter Archimedes' Namen gehende arabische Schrift, wohl die von den Muslimen benutzte, hat C. de Vaux (J. asiat. [8] Bd. 17 S. 295, 1891) ausführlich besprochen (s. w. u.). Im Anschlufs an die arabische Schrift des Archimedes ist ein Mechanismus beschrieben, der auf einen Apollonius den Zimmermann zurückgeführt wird.[1])

Von Heron berichtet ein gewisser *Kindî* (etwa 970 n. Chr., nicht der Philosoph): er schrieb über pneumatische Kunstgriffe, ferner verfertigte er Uhren und andere Instrumente zum Messen der Stunden (Beiträge III, S. 229). Heron erwähnt übrigens selbst in den Pneumatika (Opera Bd. 1 S. 2/3) ein Werk von sich über die Wasseruhren (*περὶ τῶν ὑδρίων ὡροσκοπείων*), von denen ein Fragment (Opera Bd. 1 S. 506) erhalten ist.

Auch *Gâḥiz* erwähnt unter den Leistungen der Rumaeer die Instrumente zur Bestimmung der Stunden (Tierbuch Bd. 1 S. 41; Beiträge X S. 348).

Von anderen Völkern wird von *Riḍwân* noch Hormuz als Verbesserer der vorhandenen Uhren genannt.

---

[1]) Eine Handschrift der Schrift „Das Flöteninstrument von Apollonius dem Zimmermann" liegt in der Bibliothek der orthodoxen Christen in Beirut (s. Cheikho, Maschriq Bd. 9 S. 444, 1906), eine andere in Paris, eine dritte in London. Ich habe die Übersetzung der arabischen Beschreibung in Beiträge XXXVI veröffentlicht.

3. Namen der Uhren.

Eine Aufzählung von verschiedenen Uhren, von denen die drei letzten Sonnenuhren sind, gibt *Chwârizmî* in den *Mafâtîḥ al ʿUlûm* (den Schlüsseln der Wissenschaften, S. 235), es sind folgende: die Schale (*Ṭargahâra*), der Kasten der Stunden (*Ṣandûq al Ṣâʿât*), der Schwimmer (*Dabba*), die Sonnenuhr (*Ruchâma*, wörtlich Marmorplatte), die *Mukḥula*[1]) (s. Fig. 1) und *al Lauḥ*, Brett (Beiträge V S. 419).

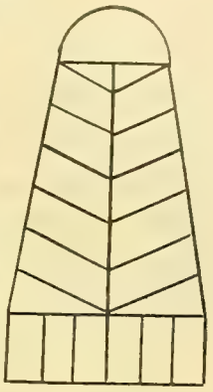


Fig. 1.

Die Uhren haben im arabischen verschiedene Namen. Zunächst wird der Pluralis von dem Wort für Stunde *Sâʿa*, *Sâʿât* für Uhr verwendet, man sagt auch Instrument der Stunden.

Selten kommt der Ausdruck *Surrâqat al Mâ*, Wasserdiebin, also die wörtliche Übersetzung von Klepshydra, vor, so in dem *Kitâb al Masâ'il* von *Abû Raschîd* (s. A. Biram, Inaug.-Diss. Leipzig 1901/02 S. 42) wo sie bei der Behandlung des leeren Raumes erwähnt wird. Schliefst man sie nämlich, wenn sie gefüllt ist, oben, so fliefst nichts aus, weil sonst ein leerer Raum entstehen würde.

Über einige persische Namen für die Sanduhr s. w. u.

Besonders häufig kommen neben *Sâʿât* die Worte *Binkâm* (Pluralis *Binkâmât*) sowie *Ṭargahâra* (Femininum) und *Ṭargahâr* (Maskulinum) vor. Erstere umfassen Sand- und Wasseruhren, aus denen Sand bezw. Wasser ausfliefst, letztere meist Wasseruhren bei denen das Wasser durch ein Loch am Boden einfliefst. Die von *Chafâgî* gegebene Unterscheidung, dafs erstere Sanduhren (*ramlîja*), letztere Wasseruhren (*mâ'îja*) seien, ist nur selten richtig (vgl. De Goeje, Bibl. Geogr., Bd. 4 S. 288).[2])

[1]) *Mukḥula* bedeutet zunächst die Büchse, in der man den *Koḥl*, den gepulverten Spiefsglanz zum Schwarzfärben der Augenbrauen, aufbewahrt, dann eine Säule, einen Pfeiler von entsprechender Gestalt und endlich eine Sonnenuhr, deren Stäbe an einem solchen Pfeiler angebracht sind. Pfeiler dieser Art sind später mehrfach erwähnt. Ich gebe daher die Abbildung (Fig. 1) eines solchen, wie er bei einer Sonnenuhr gedient hat, nach Cheikho (Maschriq Bd. 10 S. 77, 1907).

[2]) Nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Dr. Juynboll ist diese Stelle dem Verzeichnis der Fremdwörter von *Chafâgî* entnommen, es heifst dort: *Astarlâb*. Die Instrumente, die zum bestimmen der Zeit dienen, sind *Astarlâb*, *Ṭargahâra*, das ist ein Wasserinstrument und *Binkâm*, das ist ein Sandinstrument. Alles sind nichtarabische Wörter.

Ṭargahâra bedeutet zunächst einen Becher.

Mit *Binkâm* und einigen anderen Ausdrücken für die Wasseruhren hat sich L. Fleischer (Leipziger Berichte, Philol.-hist. Klasse Bd. 38 S. 190, 1886) sehr eingehend beschäftigt. Nach ihm geht *Pingân* auf *Pink*, eine Schale aus Erz, Messing usw. zurück, besonders eine solche, die ein kleines Loch im Boden hat und im Wasser nach einer bestimmten Zeit untersinkt. Später wurde das Wort auch für die Zeiträume selbst benutzt. Wie *Pink* wurden auch andere Worte für Schale, *Ṭascht* bezw. *Tascht* und *Sabû*, für die Vorrichtung verwendet. Aus *Pingân* leitet sich dann *Binkâm* und *Fingân* ab, bei *Gazarî* kommt *Fîkân* vor. Auch *Bingân* findet sich (vgl. w. u. bei *Taqî al Dîn*). Nach Nöldeke (Persische Studien, II, 38) geht *Pingân* in letzter Linie auf das griechische *πίναξ*, Schüssel, zurück.

Eine andere Reihe von Ausdrücken hängt nach Fleischer, der hier von Dozy (Suppl.-Bd. 2 S. 617) abweicht, mit dem griechischen *μάγγανον* zusammen, so *Mangâna, Manqâna, Manqâla, Munġâla, Magâna* usw., die besonders im magrebinisch-spanisch-arabischen für Uhren aller Art benutzt werden (vgl. hierzu Beiträge III S. 259; V S. 408 u. 411; XII S. 217.)

Eine Wasseruhr, die zu astronomischen Beobachtungen diente, wird von *H. Chalfa* unter den Beobachtungsinstrumenten aufgeführt, „die zum Beobachten dienende Wasseruhr“ (*al Binkâm al raṣdî*) Beiträge III S. 255).

Für ein Gefäfs, aus dem Wasser ausfliefst und das zum Messen der Stunden dient, wird auch das Wort *Taġâr* (Wassergefäfs) benutzt (s. w. u.). Ihm steht sehr nahe der *Kunnâsch*. C. de Vaux (J. asiat. [8] Bd. 17 S. 315) zitiert folgende Stelle: „Über die Herstellung des *Taġâr*, es ist *al Kunnâsch*, der zum Messen der gleichförmigen und der krummen Stunden dient, wenn man den *Kunnâsch* herstellt, so nimmt man ein *Taġâr* . . .“ (s. w. u.).

In einem von Schiaparelli publizierten Wörterbuch (Vocabulista) werden einem bestimmten Wort verschiedene Ausdrücke gegenüber gestellt die ihm zwar nicht genau entsprechen, aber gewisse Beziehungen zu ihm haben. Dort kommt auch das Wort *Klepshydra* vor, das aber nicht der Wasseruhr entspricht sondern dem Trichter, Spundzapfen usw. — Als entsprechende Ausdrücke finden sich *Mabbagg*(?), *Firṭâs* oder *Furtâs* (*pertusium*), *ʿInfaṣ* (*Infund*[*ibulum*]), *Tabbûn* (span. *tapon*) und *Unbûb* (span. *embudo*).

4. Definition der Lehre von den Uhren und Werke über die Uhren.

Die Araber haben bekanntlich umfangreiche enzyklopädische Werke geschrieben, in denen sie die einzelnen Wissenschaften definieren, so *Akfânî*.[1]) Bei ihm heifst es:

Die Wissenschaft von den Uhren (*Binkâmât*) lehrt, wie man die Instrumente konstruiert, durch welche die Zeit gemessen wird. Ihr Nutzen besteht in der Kenntnis der Stunden des Gottesdienstes und in der Ermittlung des Aufganges der Gestirne und der Teile des Tierkreises. Die Alten haben sich statt anderer Apparate mit solchen begnügt, die durch den Ausflufs des Wassers aus ihnen bewegt werden, so dafs sie den Positionen der Himmelskörper auf dem Bilde entsprechen (s. w. u.). — Weiter nützen sie dem Verstand, in dem sie ihn durch ihre Theorie und Anwendung schulen (vgl. bei *Gazârî*). — Das Werk des Archimedes bildet für ihre Kenntnis den Stützpfeiler.

In dem grofsen biographischen Wörterbuch von *Ḥâgî Chalfa* werden zweimal die Uhren behandelt. Bd. 1 S. 398 heifst es:

Die Wissenschaft von den Instrumenten der Stunden (*'Ilm Âlât al Sâ'ât*), zu denen *al Ṣanâdîq* (die Kästen) und die *Ḍawârib* (die Schlagenden) usw. gehören. Ihr Nutzen ist offenbar und über sie sind grofse Bände geschrieben.

Weiter heifst es Bd. 2 S. 69:

Die Wissenschaft von den Uhren (*'Ilm al Binkâmât*), nämlich von den Gestalten und den Figuren, die man konstruiert, um die gleichmäfsigen und die zeitlichen Stunden kennen zu lernen. Dies ist eine Wissenschaft, durch die man lernt, bestimmte Bewegungen in bestimmten Körpern zu erzeugen, die nach bestimmten Intervallen aufhören; ihr Zweck ist, die Stunden der Gebete usw. zu bestimmen, ohne dafs man die Bewegungen der Sterne beobachtet. Sie (die Wissenschaft) erstreckt sich auf zwei Teile der philosophischen Wissenschaft, nämlich die Mathematik und die Naturwissenschaft. Aufserdem bedarf sie eines mannigfachen Verständnisses, eines beweglichen Geistes und einer Geschicklichkeit in vielen Künsten.

Die Uhren (*Binkâmât*) werden in Sanduhren eingeteilt, bei ihnen ist der Nutzen nicht grofs, und in Wasseruhren, von denen es verschiedene Arten gibt, und auch bei ihnen ist kein Nutzen, und in sich drehende Uhren, die aus Rädern (*Dawâlîb*) zusammengesetzt sind, von denen das eine das andere dreht (vgl. die ganz ähnlichen Ausführungen bei *Taqî al Dîn* s. w. u.).

Von Einzelangaben über Uhren seien folgende erwähnt:

Bei den pneumatischen Instrumenten nennt *H. Chalfa* (Bd. 1 S. 400) auch das *Dawarân al Sâ'ât*, die Umdrehung der Stunden (Beiträge V S. 424).

---

[1]) Zu *Akfânî*, den man auch *Anṣârî*, *Sachâwî* genannt, vgl. Beiträge V und XXX.

Ein *Tâg al Dîn al Subkî* (1327/28—1369/70), der sich viel mit Rechtsfragen befafst hat, führt unter den Gegenständen, die nicht zur Zauberei gehören, die wunderbaren Wirkungen auf, die man bei der Zusammensetzung von solchen Instrumenten erblickt, die sich einerseits auf geometrische Verhältnisse, andererseits auf den Zwang des leeren Raumes gründen, wie die rotierende Bewegung der Uhren (Mitteilungen zur Geschichte der Medizin usw. Bd. 10 S. 412, 1910).

Ein relativ frühes, nicht mehr erhaltenes Werk rührt von *Abû ʿAlî al Ḥusain Ibn Muḥammed al Adamî* her, der um 900 lebte (*Fihrist* S. 280, Suter, das Mathematiker-Verzeichnis im *Fihrist* S. 36 u. 67).

Weitere Werke über Uhren sind:

al Iʿlâm bî Schadd al Binkâm Belehrung über das Einschnüren[1]) der Uhren, von *Schams al Dîn Muḥammed Ibn ʿÎsâ Ibn Aḥmed al Ṣûfî*. „Es ist dies eine kurze Dissertation; er schrieb sie im Monat *Ṣafar* 943 (Juli/August 1536). Er behandelt in ihr die Anbringung der Sanduhr auf der Flasche“ (*H. Ch.* Bd. 1, S. 363). — Der Verfasser dieser Schrift ist derselbe Gelehrte, von dem die Abschrift des Werkes von *Gazarî* in Oxford (Grav. 27) herrührt (s. w. u.).

Auf die Werke von *Taqî al Dîn, Gazarî, Riḍwân* kommen wir später noch zurück.

Dafs im Orient vielfach Uhrmacher vorhanden waren, lehrt die Tatsache, dafs eine Reihe von Leuten als Uhrmacher *„al Sâʿâtî“* bezeichnet wurden, so der Vater von *Riḍwân* (s. unten), ein anderer ist *Muḥjî al Dîn Abuʾl Maʿâlî Murtafiʿ Ibn Ḥasan al Sâʿâtî* (*H. Ch.* Bd. I S. 346. Bd. VII, 1171).

5. Ausführungen von *Taqî al Dîn.*

Zum Schlufs dieses Abschnittes soll die gekürzte Einleitung zu einem Werk über Räderuhren mitgeteilt werden, das von *Taqî al Dîn Abû Bekr Muḥammed Ibn Maʿrûf al Râṣid*[2]) (dem Beobachter) *al Schâmî* (dem Syrer) oder *al Dimaschqî* (dem Damaszener) berichtet. Sie gibt einen trefflichen

[1]) Es ist wohl die Einschnürung bei der Sanduhr gemeint.

[2]) Zu *Taqî al Dîn* vgl. Suter, Nr. 471 S. 191.

Einblick in die Anschauungen der damaligen Zeit. Nach der Pariser Handschrift (Nr. 2478) rührt das Werk von *Taqî al Dîn Muḥammed Ibn Maʿrûf*, dem Vertreter (*Chawîdam*) des herrlichen Gesetzes in der Gegend von *Nâbulus* (*Schechem*) her. *Taqî al Dîn* wurde 932 d. H. (1525/26) in Damaskus geboren und starb 993 (1585), wahrscheinlich in Konstantinopel.

In der Pariser Handschrift heifst der Titel des Werkes „Über die *Binkâmât*", in der Oxforder (69 Huntingdon)[1]), die ich in einer weifs-schwarz-Photographie benutzen konnte, *al Kawâkib al durrîja fî Waḍʿ al Binkâmât al daurîja* (Die leuchtenden Sterne über die Konstruktion der periodischen [sich drehenden] Uhren)[2]), eine Schrift, die verfafste der elendeste Sklave Gottes, einer der am meisten seiner Verzeihung und Vergebung bedarf, *Taqî al Dîn Muḥammed*, der Sohn unseres Herrn *Maʿrûf*, ein Diener der herrlichen Wissenschaft im Jahr 966 (1552/53) in Konstantinopel.

Die Handschrift schliefst mit den Worten: „Ich habe dies abgeschrieben aus einem Autograph des Verfassers *al Qâḍî* (Richter) *Taqî al Dîn Ibn al Qâḍî Maʿrûf Effendi Damîât.*"

Wie aus den obigen Angaben folgt, ist das Werk von *Taqî al Dîn* in Konstantinopel unter der Regierung von *Soliman* (1520—1566) geschrieben. Hier ist folgende Bemerkung von Franz Salamon (Ungarn im Zeitalter der Türkenherrschaft, Leipzig 1897, S. 94) von Interesse: „Seit *Soliman*, der eine grofse Vorliebe für kunstvoll gearbeitete Uhren hatte, bildeten Uhren regelmäfsig einen Teil der von den Gesandten mitgeführten Schätze".

Bei der Übersetzung der Schrift von *Taqî al Dîn* ist trotz der Kürzungen der Einfachheit wegen die erste Person beibehalten im Anschlufs an den Text. Der Verfasser sagt etwa:

Ich beschäftigte mich eingehend mit der Wissenschaft der auf die Autorität gegründeten Gegenstände, sowie mit den anderen propaedeutischen Wissenschaften, bis

[1]) Katalog von Uri Bd. 1 S. 211 Nr. 968. Die Angabe des Kataloges, dafs das Werk in drei Teile zerfällt, von denen der erste die Sanduhren, der zweite die Wasseruhren, der dritte die Räderuhren behandelt, ist nicht richtig, da die beiden ersten Uhrenarten nur erwähnt werden, während die dritte ausführlich behandelt wird. *Taqî al Dîn* hat auch ein Werk über Sonnenuhren verfafst: Wohlgeruch (Erholung) des Geistes; über das Zeichnen der Stunden auf der ebenen Fläche (Oxford, Uris Katalog Bd. 1 S. 191 Nr. 881). Dort ist nach *Ibn Maʿrûf* noch dem Namen beigefügt *Muḥammed Ibn Jûsuf Ibn Aḥmed.*

[2]) In *H. Chalfa* steht derselbe Titel, nur fehlt das Wort „*Waḍʿ*" „Konstruktion".

ich die Theorie und die Praxis der Schatten- und Strahleninstrumente (d. h. der Sonnenuhren) beherrschte. Eingehend studierte ich von Anfang bis zu Ende die Beziehungen zwischen ihren Gestalten und ihren Linien. Dabei vertiefte ich mich Tag für Tag in die autoritativen Dissertationen, die Sphärik des Theodosius,[1]) die Propositionen des Euklid, die Schrift des Archimedes über die Projektionen, in die Werke über die mechanischen Vorrichtungen, die fein in der Anwendung sind, in die Dissertationen über die Lehre vom *Qarasṭûn* und von den Wagen, sowie die über das Ziehen von Lasten, sowie in andere über dieses Gebiet. Zugleich befafste ich mich eifrig mit der Bestimmung der Zeiten bei Tag und Nacht mit einer grofsen Anzahl von Instrumenten. Vor allem waren es die Uhren mit Rädern (*al Binkâmât al daurîja*), da ihr Nutzen unerschöpflich ist und feine, auf theoretische Betrachtungen gegründete Künste in Anwendung kommen. In den oben erwähnten Werken fand ich nichts, was mich über die betreffenden Gegenstände aufklärte, aufser dem, was in den Abhandlungen über die Büchse des Mondes und die Scheibe der Finsternis enthalten war,[2]) diese waren den Räderuhren ähnlich. Diese sind Erfindungen der griechischen Gelehrten und finden sich in ihren Schriften dargestellt. Nur sind diese im Lauf der Zeiten verloren gegangen, denn das Ergebnis der Wissenschaft ist die Praxis und dank ihrer Hilfe sucht man sich vor dem Irrtum zu schützen. Bei der Ausführung dieser Instrumente ergeben sich zahlreiche Schwierigkeiten und man mufs sich dabei an Vertreter tiefstehender Handwerke[3]) wenden.

Anfangs hatten die Muslime keine Neigung sich mit Instrumenten für die Bestimmung der Gebetszeiten zu befassen, die einfacher als die obigen waren und erst recht nicht mit den hier vorliegenden. Was nun in dieses Reich von solchen Instrumenten gelangte und vor allem das, was von der Kunst der *al Lân*,[4]) Franzosen und Deutschen kam, war vortrefflich ersonnen und ausgeführt, war reichlich vergoldet und doch um wenig Geld zu haben. Man kann etwas Ähnliches nur mit viel Mühe herstellen. Zu meiner Zeit befafsten sich nun die Künstler vielfach mit diesen Uhren und die Grofsen und Vornehmen rühmten sich hoch, sie zu besitzen. Dabei kamen zahlreiche Irrtümer bei denen vor, die sie benutzten, da die grundlegenden Kenntnisse fehlten um das Ziel zu erreichen, besonders, wenn ein Rad verloren ging und durch ein anderes ersetzt werden sollte.

---

[1]) Abweichend von dem sonst Üblichen heifst es hier die Theodosianische Sphärik, die Euklidischen Propositionen (*Aschkâl*), die Archimedischen Projektionen (*Tasṭîḥât* [der Kugel auf der Fläche]). Eine Schrift unter diesem letzteren Titel wird sonst nicht erwähnt.

[2]) Diese Abhandlungen rühren von *al Bîrûnî* her. Ich habe die erste in „Der Islam, Bd. 4 S. 5 1913“ übersetzt und besprochen. Auf die zweite hoffe ich noch zurück kommen zu können.

[3]) Die Handwerker wurden bei den Arabern nicht geschätzt, so besonders nicht die Schmiede (vgl. J. Goldziher, Der Globus, Bd. 66 S. 203 1894).

[4]) Da wir es hier mit einem Volk zu tun haben, von dem die Türken Uhren erhielten, so kann es sich unmöglich um die *al Lân* handeln, die am Kaspischen Meer wohnten. Herr Prof. Marquart hält es für wahrscheinlich, dafs zu lesen ist *Iṭlân*, Italiener, was freilich noch zu belegen wäre.

Ich stand damals in den Diensten von *ʿAlî Baschâ*[1]) und beschäftigte mich mit seiner Schatzkammer, die reichlich mit diesen Instrumenten versehen war, die auf verschiedenen Prinzipien beruhten, und mit dem Nutzen, den sie brachten, einem Nutzen, den man nicht mit den Astrolabien und Quadranten erhält.[2]) Ich tat dies, bis ich Skizzen aller dort befindlichen Formen hatte und mir die Gesamtheit der Prinzipien klar war, auf die sie gegründet waren, innen und aufsen. Ich hatte soviel gesammelt, wie kein anderer, der sich im Reich des Islam mit diesem Gegenstand befafst hatte. Auch war weder von Hoch noch von Niedrig über diesen Gegenstand eine Nachricht verbreitet worden. Ich wufste aber, dafs ich mich nicht andauernd mit den Uhren neben den legitimen Wissenschaften befassen konnte, und mit der Gesamtheit der letzteren wollte ich mich Zeit meines Lebens beschäftigen. Vergafs ich aber das, was ich erreicht hatte, so war es vollkommen verloren; daher hielt ich es für angemessen, meine Kenntnisse niederzuschreiben, eingehend auszuführen und darzulegen. Dabei hielt ich mich an die Tradition (d. h. einen *Muḥammed* zugeschriebenen Spruch): „Fessle das Wissen durch die Schrift!"

Einleitung über die Definition der Lehre von den Uhren *(Binkâmât)* und was damit zusammenhängt.

(Zunächst kommen einige philologische Bemerkungen. Es wird bemerkt, dafs das Wort vom persischen *Pinkân* kommt und nach dem Verfasser des Werkes *Ṣaḥâḥ* (eines Wörterbuches), *Gauharî* zunächst im Persischen das Glas der Sanduhren bedeutet. Es ist aber dann ein allgemeiner Ausdruck, da es im Arabischen bei allen Instrumenten verwendet wird, die zum Bestimmen der Stunden dienen. Ein anderer Verfasser, der des *Qâmûs, Fîrûzâbâdî,* bringt es mit *Bunk* zusammen, das den Anfang oder das beste eines Dinges bedeutet, oder die Stunde der Nacht, in der man Lust empfindet.)

Dann wird fortgefahren:

Die Lehre von den Uhren ist eine Wissenschaft, durch die man erfährt, wie man die Instrumente konstruiert, mit denen man die Zeit mifst.

Sie beruht auf besonderen Bewegungen in besonderen Körpern, die dazu bestimmter Strecken bedürfen, denn ewige Bewegungen, die von selbst erfolgen, sind in dieser Welt unmöglich.

Ihr Zweck ist, die Stunden für die Gebete zu bestimmen, ohne dafs man die Bewegung der Gestirne beobachten oder Höheninstrumente benutzen mufs. Ferner

---

[1]) Diesen Mann preist er als *Ṣâḥib al Daula wa'l Magd,* den höchsten der Vezire der Sultane der Erde usw.

Zu *ʿAlî Pascha* teilt mir Herr Dr. Tschudi in Tübingen das Folgende mit:

„Unter den vielen *ʿAlî Pascha's*, die in der türkischen Geschichte eine wichtige Rolle gespielt haben, scheint mir der Grofsvezir *ʿAlî Pascha Semiz* am besten zu Ihrer Angabe zu passen. Er spielte in den sechziger Jahren des 16. Jahrhunderts in Konstantinopel eine bedeutende Rolle. Nachdem er 950/54 (1543—1547) Statthalter von Ägypten gewesen war, wurde er im Jahre 968 (1560) zweiter Vezir und ein Jahr darauf (1561 n. Chr.) Grofsvezir. Er blieb bis zu seinem 972 = 1565 erfolgten Tode im Amt. Dafs dieser *ʿAlî Pascha* gemeint ist, ist allerdings nur eine unsichere Hypothese."

[2]) Hier schliefst sich eine sehr bombastische Stelle an, von der ich nur das Wesentliche mitteile.

weifs man, welche Stunde der Nacht es ist, um die Nachtgebete zu verrichten oder um sich Staatsgeschäften zu widmen.

Die Wissenschaft von den Uhren erstreckt sich über Teile der Mathematik und der Naturwissenschaft. Von der Mathematik kommt in Betracht die Lehre von der Zahl, die Geometrie, die Lehre von der Proportion, von der Vermessung, von den sich bewegenden Vorrichtungen (*Ḥijal*), von dem Ziehen der Lasten und von den Wagen. Von der Naturwissenschaft kommt in Frage die Lehre von den Talismanen und der Magie (*Nîrangijât*)[1]) und die Chemie; aufserdem mufs man sich noch zahlreiches andere aneignen, Gewandtheit und Geschicklichkeit in vielen Künsten, so in der des Goldschmiedes, des Schmiedes, des Tischlers, des Sehnenmachers usw.

Du wirst nun einsehen, dafs diese Wissenschaft in ihrer Vollkommenheit alles das umfafst, was ich von den Wissenschaften, den Fähigkeiten und den Handwerken erwähnt habe.

Bei der Herstellung ist zu beachten, dafs ein Instrument dem anderen so gleichen mufs, dafs ein kluger Mann es nachahmen kann, freilich mufs er die Fähigkeit des Erfassens haben und geschickt sein. Sonst kann er es nicht in richtiger Weise in Bewegung setzen.

Dafs die Chemie für die Wissenschaft der Uhren nötig ist, ist nicht ohne weiteres klar. Ich sage nun, *Ibn Sînâ* (Avicenna) hat in seinem Werk, Einteilung der Gelehrten, *Taqsîm al Ḥukamâ,*[2]) festgestellt, dafs die Chemie den mineralischen Körpern ihre Eigenschaften nimmt und ihnen andere erteilt. Wir benutzen dies offenbar bei der Herstellung der Glocken (*Garas* und *Nâqûs*). Das obige können wir bei keinem Metall tun, aufser wenn wir ihm eine ihm eigentümliche Eigenschaft nehmen.

Ich habe die Uhren in drei Gruppen geteilt:

1. Die Sanduhren sind allgemein bekannt und in jedermanns Hand. Sie bringen keinen grofsen Nutzen, denn nur selten ergeben sich aus ihnen die Zeiten zweier Enden (*Râs*) gleich.[3]) Will man aber die Gleichheit [einer Zeit mit einer anderen] bestimmen, so mufs man das Entleeren des Sandes [dauernd] beobachten, [damit man nicht den Augenblick, wo aller Sand ausgelaufen ist, verpafst], sonst leidet die Sache Schaden. Um aber die Länge der Zeit zu bestimmen, mufs man die Zerlegung[4]) kennen, das ist aber auch nicht angenähert möglich.

2. Die Wasseruhren, von ihnen gibt es viele Arten. Ich habe eine grofse Menge in meinem Werk „Die hohen Wege[5]) und die pneumatischen Apparate“

---

[1]) Vgl. Beiträge V, S. 431.

[2]) Eine Schrift mit diesem Titel von Avicenna gibt es nicht, wohl aber eine mit dem Titel: *Fî Aqsâm al ʿUlûm al ʿaqlîja,* d. h. über die Teile der Verstandeswissenschaften; in ihr findet sich die oben erwähnte Stelle (Beiträge V S. 436).

[3]) Die Stelle ist unklar, wahrscheinlich ist gemeint, dafs wenn man die Sanduhr umkehrt, man verschiedene Zeiten für das Entleeren erhält.

[4]) Das heifst, man mufs wissen, wieviel Sand jeweils ausgelaufen ist, wenn man die Bruchteile der ganzen Zeit bestimmen will, während deren der ganze Sand ausläuft.

[5]) Unter den Werken über Uhren erwähnt H. Ch. besonders *Ṭuruq al sanîja* (hohe Wege) über die pneumatischen Instrumente von *Taqî al Dîn al Râṣid*; dies Werk nennt er noch einmal Bd. 4 S. 159.

beschrieben. Auch sie bringen keinen grofsen Nutzen, sondern sie bringen mehr Beschwerde als Nutzen.

3. Diese Uhren sind diejenigen, mit denen wir uns befassen wollen. Es sind die sich drehenden (*daurî*) Uhren; die aus Rädern bestehen und zwar solchen aus Eisen, Stahl, Kupfer, Holz, von denen die einen die anderen in Bewegung setzen nach bestimmten Zahlenverhältnissen, die zwischen der Anzahl ihrer Zähne und der Gröfse ihrer Durchmesser bestehen. Das der bewegenden Vorrichtung zunächst gelegene hat den langsamsten Gang, aber die gröfste Kraft und zieht am stärksten, das am weitesten entfernte dagegen hat die schnellste Bewegung, weist die zahlreichsten Umdrehungen auf und besitzt die geringste Kraft. Das entfernteste Rad bedarf aber bestimmter Zeiten, um seine zahlreichen Umläufe zu machen, dabei wird die Langsamkeit des nächsten entsprechend gröfser sein. Man kann aber die Anordnung in umgekehrter Weise treffen, so dafs die Langsamkeit vergröfsert wird [in diesem Fall greift die Kraft am entferntesten Rad an]. So kann man ein Rad herstellen, das sich einmal im Monat oder im Jahr umdreht, wobei es sich fortwährend bewegt, dabei wird ein Seil (*Surrijâqa*) einmal im Jahr aufgezogen; das geschieht alles entsprechend dem zur Verfügung stehenden freien Raum nach der Theorie und Praxis. Diese Erfindung ergibt sich aus den Vorrichtungen, die zum Ziehen von Lasten dienen; bei ihnen will man eine Last durch eine kleine Kraft ziehen, daraus ergibt sich, dafs die Bewegung des ziehenden Gegenstandes sich über eine lange Zeit erstreckt auf einer langen Strecke. Bei diesen Uhren handelt es sich aber um eine lang ausgedehnte Bewegung, auch wenn sie schwach ist und einer kräftigen bewegenden Ursache bedarf. Denn der Nutzen liegt hier in der Zeit, nicht in der Kraft. Wer aber sich mit diesen Vorrichtungen (Uhren) beschäftigt, will durch sie aufmerksam gemacht werden auf die Zeiten, ja auf die Zahl der Stunden, ja auf noch mehr. Er bringt nämlich für jeden Grad oder einen anderen Teil der Stunden ein Zeichen an, das auf ihn oder diese Teile hinweist durch den Klang einer Flöte oder Trommel oder das Schlagen einer Glocke (*Garas*) oder einer anderen Glockenart (*Nâqûs*) mittels eines Hammers oder durch eine Hand, die aus einer Seite der Uhr hervorkommt, oder durch das Bild eines Widders, der mit den Hörnern stöfst, oder durch den Tanz einer Gestalt und einen pfeifenden Ton, der aus ihrem Munde kommt.

Man setzt eine Sanduhr auf eine der Seiten der Uhr, dann wird sie durch eine Bewegung umgekehrt, die nach der Zeit, wenn sie abgelaufen ist, feine Kunststücke hervorbringt, die man nicht aufzählen kann. Wir brauchen sie und ihre Ausführung nicht genau zu schildern. Denn wer die Verfahren, auf die wir für deren Bewegungen hingewiesen haben, genau ausführen will, der mag sie einzeln aufzählen. Wer auf die *Tadkira* (Erinnerungsbuch) von *ʿAlî al Qûschgî*[1]) über die

[1]) Dies ist nach Herrn Dr. Tschudi der berühmte Astronom *ʿAlî Ibn Muḥammed al Qûschgî*, gest. 879 d. H. = 1474 n. Chr., der in Samarkand studierte und in den letzten Jahren seines Lebens Professor an der Sophienmoschee in Konstantinopel war; vgl. Samy, *Qâmûs al-Aʿlâm* IV, S. 3197; Brockelmann, Arab. Lit.-Gesch II, 234f.; Enzyklopädie d. Islam I, 304, wo weitere Literatur angegeben ist, ferner Prolégomènes des Tables astronomiques *d'Oloug-Beg*, ed. L. P. E. A. Sédillot, Bd. 2 S. 226 und Suter, Nr. 438 S. 178. Eine *Tadkira* wird nicht erwähnt.

pneumatischen Instrumente stöfst, der lernt die Trefflichkeit eines Mannes kennen, der solches erfindet.

Das erste Gewicht befindet sich an dem Seil (*Surrijâqa*), es ruft durch das Seil die Drehung hervor. Die *Surrijâqa* ist der Faden, an dessen Ende ein Bleistück hängt, das durch sein Gewicht einen Zug ausübt. Das Werk zerfällt in fünf Kapitel und einen Schlufs. Kapitel I. Über die Prinzipien der Bewegungen des Überschusses des Kreises. (*Faḍl.*) [Der Anfang von Kapitel I lautet sehr interessant:] „Setzen wir ein Rad auf eine Achse zwischen zwei Lager, und soll es sich durch ein Gewicht an einem Seil in jeder Stunde einmal drehen, so ist das nur möglich, wenn man etwas anbringt, das es der Geschwindigkeit beraubt usw.“

II.

Uhren aufser denen von *Gazarî* und *Riḍwân.*

A. Sanduhren. Kerzenuhren. Quecksilberuhren.

Sanduhren müssen sehr verbreitet gewesen sein, wie die oben mitgeteilte Stelle von *Taqî al Dîn* zeigt. Eine Abbildung habe ich im Cod. arab. Dresden 210 (vgl. Katalog von Fleischer S. 32) gefunden, sie entspricht in der Form ganz unseren Sanduhren; an der dort befindlichen Figur steht „*Manâkib*“, d. h. „Uhr“.

Dafs die Sanduhr in Persien benutzt wurde, lehrt eine Stelle aus einem persischen Originalwörterbuch (vgl. Vullers, Bd. 2 S. 501): *Schîsche-i-Sâ'et* bedeutet ein Glasgefäfs, mittels dessen man die Zeiten und Beträge des Tages und der Nacht bestimmt. Es besteht aus zwei Gläsern, deren Mündungen aufeinander liegen. Man füllt das Instrument mit Sand. Rinnt der Sand des oberen Glases vollständig in das untere herab, so ist eine volle Stunde verflossen. — Andere persische Worte für die Uhr, wohl die Sanduhr, sind *Ṭâs-i-Sâ'et* (Stundenschale) und *Paimâne-i-Sâ'et* (Stundenmafsgefäfs).

Eine Kerzenuhr[1]) hat König Alfons von Kastilien beschrieben. Eine allmählich abbrennende Kerze wird gegen ein Lager gepresst. Indem sie sich hebt, wird eine Platte mit Angabe der Stunden und der Tierkreiszeichen bewegt.

Eine andere Kerzenuhr beschreibt *Zarchûrî* (ca. 1400 n. Chr.). Eine Wachs- oder Fettkerze (*I*) wird in eine kupferne Schale gestellt. Dann zündet man eine genau gleiche Kerze (*II*) an und mifst die Länge des während

[1]) Vgl. dazu A. Wegener, Bibl. math.[3] Bd. 6 S. 162 1905.

einer mittels einer Sanduhr bestimmten Stunde abgebrannten Stückes *l* mit einem Zirkel. Entsprechend *l* teilt man auf der ersten Kerze 12 Stücke ab, die je einer Stunde entsprechen. An die Teilstriche bringt man Kugeln aus Blei oder Kupfer von etwa 5 *Dirham* (= etwa 15 g) Gewicht, die dann beim Fallen in die Schale diese zum Erklingen bringen. Die Uhr heifst hier *Minkâb* (vgl. Beiträge XII S. 213).

Eine ganze Reihe hierher gehöriger, z. T. sehr sinnreich konstruierter Uhren findet sich in dem Werk von *Gazarî* (s. w. u.).

Ein Kronleuchter (*Turajjâ*) mit Lampen wird von *Ibn Jûnus*, dem Ägypter, beschrieben. Die kleine Abhandlung ist in einer Handschrift der Biblothek der orthodoxen Christen in Beirut erhalten, Herr Professor *Cheikho* hat mir in liebenswürdiger Weise Photographien zur Verfügung gestellt; er beabsichtigt übrigens diesen Text im *Machriq* zu veröffentlichen. Die Übersetzung lautet:

Herstellung eines Kronleuchters mit zwölf Lampen; so oft eine Stunde der Nacht verflossen ist, erlischt eine Lampe. Werk von *Ibn Jûnus*[1]) dem Ägypter.

Man nimmt 12 Lampen, wie man sie bei den Kronleuchtern verwendet; es sind diejenigen, die die Ägypter die glänzenden (leuchtenden *barrâq*) nennen. In die Röhre einer jeden setzt man einen Docht aus Baumwolle, der $1\frac{1}{2}$ *Ḥabba* wiegt; er ist in passender Weise um einen Nagel gewickelt. Man gieſst in die Lampe so viel Wasser wie nötig und von reinem, süfsem Öl eine Gewichtsmenge, wie sie die Zeit des Jahres verlangt, entsprechend der Angabe einer Tabelle. Klar ist, dafs man nur in die erste Lampe die angegebene Menge zu tun hat, in die zweite die doppelte, in die dritte die dreifache usw. bis zu der letzten; so dafs in der zwölften Lampe zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche 30 *Dirham* und in der längsten Nacht 36 *Dirham* und in der kürzesten 24 *Dirham* enthalten sind: Das folgende ist die Tabelle.

[Die Tabelle enthält als Eingang die Namen der Tierkreiszeichen, da durch die Stellung der Sonne in ihnen die Länge des Tages bestimmt ist; daneben stehen die für eine Stunde einzugiefsenden Mengen Öles. Ich gebe die Tabelle nicht, da sich wohl Fehler eingeschlichen haben; denn bei den einander entsprechenden Tierkreiszeichen sind nicht die gleichen Mengen angegeben. Aufserdem ist zu den aus den oben angegebenen Werten von 30, 36 und 24 *Dirham* für eine Stunde sich ergebenden $2\frac{1}{2}$, 3 und 2 *Dirham* noch etwas zugefügt, wohl um dem nicht verbrennenden letzten Rest Rechnung zu tragen.]

Quecksilberuhr. Ein Bewegungsmechanismus[2]) eigener Art ist uns in dem Werk über die Uhren von Alfons von Kastilien überliefert,

[1]) Bei *Gazarî* wird ein *Ibn Jûnus*, der eine Kerzenuhr konstruiert hat, zitiert; vielleicht ist dies der hier erwähnte.

[2]) Vgl. dazu A. Wegener, Bibl. math. [3] Bd. 6 S. 162 1905. Beiträge V S. 408.

der ihn, mit Rücksicht auf die Untersuchungen von Heron, von *Rabiçag* (nach A. Wegener *Ibn Sîd*) konstruieren liefs. Eine Trommel (Fig. 2) ist in 12 Kammern geteilt, die miteinander durch enge Öffnungen verbunden sind. Sechs Kammern sind mit Quecksilber gefüllt. Die Trommel ist auf einer Scheibe mit gröfserem Durchmesser befestigt, an deren Peripherie ein Gewicht wirkt. Dieses würde die Trommel in immer schnellere Drehung versetzen, wenn nicht das bei der Drehung gehobene Quecksilber einen Widerstand leistete, da es nur langsam aus einer Kammer in die nächste fliefst.

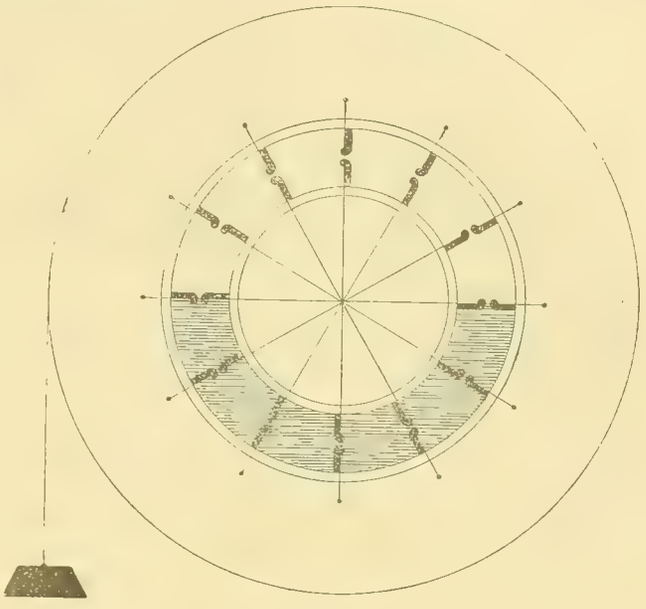


Fig. 2.

Mit dieser Uhr haben die Walgeruhren gewisse Ähnlichkeiten. Eine solche befindet sich im Deutschen Museum zu München.

Eine Uhr, die an die von Eusebius und Cicero beschriebene und an die Friedrich II. (E. Wiedemann, Archiv für Kultur usw., Bd. 2, S. 483, 1914) geschenkte erinnert, hat ein gewisser *Ibn Schâṭir* (geb. 705/1306) in Damaskus konstruiert. *Al Ṣafâdî* berichtet, dafs er *Ibn Schâṭir* 743 (1343) besuchte, um das von ihm erfundene *Astrolab* kennen zu lernen. Es befand sich senkrecht an einer Mauer. Es hatte die Gestalt eines Bogens (*Qanṭara*) und mafs etwa $^3/_4$ Ellen. Es drehte sich Tag und Nacht, ohne Sand und ohne Wasser, und folgte den Bewegungen der Himmelssphäre in besonderer Weise geregelt. Es gab die gleichmäfsigen und die zeitlichen Stunden (H. Sauvaire, J. asiat. [9], Bd. 7, S. 207, 1896). Leider ist die Beschreibung wenig klar.

B. Wasseruhren.

1. Vorbemerkungen.

Die Wasseruhren zerfallen in zwei Hauptgruppen.

Bei der ersten Gruppe der Wasseruhren schwimmt ein Gefäfs mit einem Loch im Boden auf dem Wasser, durch das Loch tritt Wasser in das Gefäfs; dieses sinkt allmählich, und man kann entweder an einer an ihm angebrachten Teilung die Tiefe seines Einsinkens ablesen, oder mit ihm sind Vorrichtungen verbunden, die sich langsam verschieben. Sobald das Gefäfs bis an den Rand eingesunken ist (dann steht das Wasser aufsen höher als innen), sinkt es plötzlich unter. Die Zeit, die zwischen dem Aufsetzen des Gefäfses und dem Einsinken bis zu einer bestimmten Stelle bzw. bis zum vollständigen Untersinken verstreicht, ist die zu messende. Beim plötzlichen vollständigen Untersinken hört man einen Ton. Bei komplizierten Uhren werden Vorrichtungen ausgelöst, z. B. Klappen geöffnet, hinter denen Kugeln liegen, die auf Zymbeln fallen und so den Ablauf einer bestimmten Zeit anzeigen. Die herabsinkenden Kugeln heben dann durch besondere Vorrichtungen das Gefäfs, dieses entleert sich, und das Spiel beginnt von neuem. Solche Anordnungen sind bei *Gazarî* beschrieben. Diese Uhren heifsen *Ṭargahâr* oder *Ṭargahâra*.

Bei der zweiten Gruppe der Wasseruhren fliefst das Wasser unten aus einem Gefäfs aus, und man beobachtet entweder den Stand des Wassers selbst oder läfst durch einen auf ihm befindlichen Schwimmer Gegenstände in Bewegung setzen. — In ganz vereinzelten Fällen läfst man auch das Wasser durch eine Öffnung in ein feststehendes Gefäfs eintreten.

Der Ausflufs des Wassers kann dabei entweder unter dem Druck einer Wassersäule stattfinden, die allmählich an Höhe abnimmt, oder man sorgt dafür, dafs der Druck konstant bleibt, der Ausflufs also gleichmäfsig erfolgt.

Das letztere erreichte man bei den arabischen Wasseruhren z. B. folgendermafsen:

Ein Hauptbehälter A_1 wird mit Wasser gefüllt, an seinem Boden fliefst das Wasser aus einer Öffnung O_1 in einen zweiten Behälter A_2, in dem sich die eigentliche Ausflufsöffnung O_2 befindet. In A_2 wird das Wasser

dadurch auf konstantem Niveau erhalten, daſs auf ihm ein Schwimmer schwimmt, dessen oberster Teil, wenn er hinlänglich hoch gestiegen ist, die Öffnung O_1 verschlieſst und dadurch den Zutritt des Wassers aus A_1 absperrt. Flieſst dann Wasser aus O_2 aus, so sinkt der Schwimmer, und neues Wasser flieſst aus A_1 in A_2, bis das alte Niveau erreicht ist.

Dadurch, daſs der Schwimmer die Zuflufsöffnung O_1 verschlieſst, sobald etwas Wasser aus ihr ausgetreten ist, wird in dem Ausflufsgefäſs A_2 ein konstantes Niveau erhalten und dadurch eine konstante Ausflufsgeschwindigkeit bedingt. Man hat damit die Möglichkeit, richtig gehende Wasseruhren zu erhalten. Daſs solche bei den Schriftstellern des klassischen Altertums in dieser Form beschrieben seien, ist mir nicht bekannt; L. Am. Sédillot[1]) vermutet aber, daſs solche mit konstantem Niveau vorhanden gewesen seien. Auf eine Vorrichtung, die aus einem an einem Schwimmer befestigten Heber besteht, dessen Ausflufsöffnung in demselben Maſse sinkt, wie das Niveau des zu entleerenden Gefäſses, sei wenigstens hingewiesen (W. Schmidt, Herons von Alexandrien Druckwerke usw. S. XXIX u. 43 ff. und Procli, Hypotyposis ed. C. Manitius S. 121 und 290). — Die bei Proclus S. 122 abgebildete Klepshydra hat keinen konstanten Ausflufs.

Soll die Uhr für die zeitlichen Stunden, deren Länge veränderlich ist, eingerichtet sein, so befestigt man an O_2 ein vertikales Rohr R, das um eine horizontale Achse, die in O_2 gelegen ist, drehbar ist. R hat am Ende eine Öffnung O_3.[2]) Steht die Öffnung oben, so flieſst weniger, steht sie unten, mehr Wasser aus, als wenn sie mit O_2 in derselben Horizontalebene liegt. In A_1 selbst befindet sich ein Schwimmer, der gleichmäſsig sinkt und dabei verschiedene Vorrichtungen in gradlinige und drehende Bewegungen versetzt, so daſs man den Ablauf der Stunden erkennt.

Das aus dem Rohr R ausflieſsende Wasser wird in manchen Fällen dazu verwendet, um anzuzeigen, wann eine bestimmte Zeit, eine halbe Stunde, eine Stunde, drei Stunden usw., abgelaufen ist. Dazu flieſst das Wasser z. B. in Gefäſse, die, wenn sie eine bestimmte Menge aufgenommen

---

[1]) L. Am. Sédillot, Mém. pres. par div. Savants (Inscriptions) [1] Bd. 1, S. 15, 1844.

[2]) Das Stück, an dem die Öffnung O_3 sich befindet, nennen wir Mündungsstück. Die arabischen Techniker nennen es *Gaz'a* (ein Stück Onyx), da das Loch meist in dies Material gebohrt war.

haben, sich plötzlich entleeren und dadurch Räder in Gang setzen oder durch Komprimieren von Luft Musikinstrumente zum Tönen bringen.

Damit auch bei variablem Wasserdruck ein Schwimmer gleichmäfsig sinkt, wird das Gefäfs für den Schwimmer nach unten entsprechend verengt. Dann genügt bei tieferem Wasserstande eine kleinere Wassermenge, um dasselbe Sinken der Wasseroberfläche hervorzurufen. Das ist bei einer von *Gazarî* beschriebenen Reiseuhr der Fall.

2. Uhren mit einem untersinkenden Gefäfs.

Diese Uhren waren sehr verbreitet und dienten wohl zunächst für landwirtschaftliche Zwecke.

So gibt ein persisches Lexikon an, dafs der *Pingân* ein ehernes Gefäfs ist, das in der obigen Weise (s. oben) hergestellt und benutzt wird; es dient den Landleuten, um die Wassermenge zu bestimmen, mittels deren die Felder bewässert wurden, d. h. zur Bestimmung der Zeit, während deren die Zufluſskanäle geöffnet wurden. Weiter verwenden es die Inder, um die Teile der Tages- und Nachtzeiten anzugeben (Vullers, Bd. 1, S. 378).

Ebenso diente die *Ṭargahâra* zur Bestimmung der Bewässerungszeit in einer Gegend von *Qûmis* bei *Bijâr*. „Dort ist Wassermangel für den Boden und für den Obstgarten; durch die *Ṭargahâra* wird das Wasser auf Grund der Taxe in *Arragân* verteilt“ (*Muqaddasî* S. 357, Beiträge V, S. 420).

In Indien benutzte man ganz ähnliche Wasseruhren. Eine solche beschreibt *Abu'l Fazl* in den *Âyin-i-Akbari* (Übersetzung von H. Blochmann und H. S. Jarrett, Bd. 3, S. 15). An dem Boden einer zwölf Finger hohen und breiten Schale wird ein Loch gemacht, in das dann nach innen ein Rohr aus Gold gelötet wird. Die Schale wird in ein Gefäfs mit reinem Wasser gesetzt, und der Ablauf der Zeit danach bestimmt, dafs die Schale sich mit Wasser füllt. Als Zeiteinheit dient die *Ghârî* = 24 Minuten. — Vor einem einfachen Loch hat das Rohr den Vorzug, dafs man es weiter als ersteres nehmen kann, und doch die gleiche Zeit bei der Füllung verstreicht. Das weitere Rohr verstopft sich auch weniger leicht als die engere Öffnung.

In dem *Sûrya-Siddhânta* ist im 13. Kapitel eine zur Zeitmessung dienende Kupferschale mit einem Loch erwähnt, die auf Wasser gesetzt, sich im Laufe einer *Nâḍikâ* (= $^1/_{60}$ der Tagnacht) anfüllt und untersinkt.

Zwei indische Wasseruhren (*Jal-Ghâri*, Wasser-Stunde) hat H. von Schlagintweit-Sakünlünski beschrieben (Sitzungsber. d. Münchner Akademie, math.-physik. Klasse, 1871, Bd. 1, S. 128). Sie bestehen aus einem kupfernen Hohlkugelsegment von 7,6 cm Radius und 6 cm Höhe und einer Öffnung von Nadelstichgröfse am tiefsten Punkte oder nahe an diesem. Man macht die Schale zunächt zu grofs; dann wird am Rand abgefeilt, bis man hinreichende Genauigkeit erhält. Sie soll eher zu schnell als zu langsam sinken, da bei jedem Ausleeren und wieder Aufstellen Zeit verloren geht.

Die *Ṭargahâra* müssen auch zu genauen Messungen benutzt worden sein, da man auch solche hatte, die, wie *Gazarî* an mehreren Stellen erwähnt, mit Höheninstrumenten geeicht waren.

Es ist aber sehr wohl möglich, dafs das Wort *Ṭargahâra* auch für Wasseruhren benutzt wird, bei denen das Wasser aus einer Öffnung ausflofs, und dafs es sich um solche an diesen Stellen bei *Gazarî* handelt.

3. Uhren mit feststehendem Gefäfs, aus dem Wasser aus-, oder in das Wasser einfliefst.

Wir teilen zunächst die uns erhaltenen Beschreibungen arabischer Uhren mit, mit Ausschlufs der in dem Werke *Gazarîs* enthaltenen und derjenigen der Uhr von *Riḍwân* am *Bâb Gairûn* (dem Tor *Gairûn's*) in Damaskus.

Die einfachste Form der Klepshydra, bei der das Wasser aus einem Gefäfs aus Glas oder Ton durch eine oder mehrere kleine Öffnungen ausfliefst, geht weit in das Altertum zurück. Ihre Dimensionen waren sehr verschieden. Die gröfsten fafsten eine Amphora. Sie standen auf einem Dreifufs; ein untergestelltes Gefäfs nahm die ausfliefsende Flüssigkeit auf.

Die Öffnungen waren jedenfalls sehr eng, da im Sommer das Wasser schneller als im Winter ausflofs, was nur von der geringeren inneren Reibung bei höherer Temperatur herrühren kann (vgl. zu diesen Uhren[1]) Darem-

[1]) Vielleicht darf darauf hingewiesen werden, dafs Newton (Newton by Sir D. Brewster, herausgeg. von E. Schauck u. M. Bahlsen, S. 5) in seiner Jugend eine Wasseruhr mit Schwimmer konstruiert hat. Später bemerkte er, dafs bei den Wasseruhren die Öffnung allmählich durch die Unreinigkeiten enger wird, während bei den Sanduhren der Sand sie allmählich erweitert.

bourg u. Saglio Bd. 3 [1], S. 260 und J. Marquardt, Das Privatleben usw., 2. Aufl., Teil 2, S. 788).

Im Altertum wurden diese Uhren vielfach, so auch bei Gerichtsverhandlungen benutzt, um die Redezeit der einzelnen Beteiligten festzusetzen. Im Orient finden sie vor allem bei der Bewässerung Anwendung (s. o.). Für den Landmann war es dort von gröfster Wichtigkeit, bei dem im ganzen knappen Wasser die Zeit genau festzulegen, während deren er sein Grundstück bewässern durfte. Darüber bestanden ganz bestimmte Vorschriften (vgl. Beiträge X, S. 308/309).

Wasseruhren für diesen Zweck sah in der Mitte des vorigen Jahrhunderts noch J. Richardson in der Oase Ġadâmes, während in der Oase Laghouat Sanduhren zum gleichen Zweck benutzt wurden (Beiträge V, S. 417).

Drei Wasseruhren einfacher Form sind im Anhang zu einer *Gazarî*-handschrift (Leiden 1026), die 1561/62 geschrieben wurde, beschrieben; sie rühren von dem Scheich *Schems al Dîn Ibn Abu'l Fatḥ* her, der die Oxforder Handschrift (Grav 27 s. w. u.) abgeschrieben hat. Es sind die folgenden:

1. In ein Fafs (*Châbi'a*) aus gepichtem Holz (*a*, Fig. 3) macht man am Boden ein kleines Loch (*d*). Über das Fafs legt man ein in der Mitte durchbohrtes Lineal, durch dessen Öffnung ein gerader Holzstab (*b*) geht, der auf dem Schwimmer (*c*) befestigt ist. Er trägt eine dem Ablauf der Stunden entsprechende Teilung. Man kann durch *d* das Wasser entweder ab- oder zufliefsen lassen. Je nachdem sinkt oder steigt der Stab.

2. Für ein hölzernes Lineal (*l*, Fig. 4) fertigt man ein hölzernes Futteral. In nach unten geneigte Öffnungen des ersteren sind Kupferkugeln eingelegt. Man steckt das Lineal in das Futteral, das man auf einem Schwimmer (*s*) befestigt. An der Decke des Zimmers bringt man eine Rolle (*b*) an. Über die Rolle geht eine Schnur herunter, deren Enden an dem Futteral bzw. dem Lineal befestigt sind. Fliefst das Wasser aus dem Gefäfs (*a*) aus, so sinkt das Futteral; das Lineal steigt und eine Kugel nach der anderen rollt in eine Schale (*d*) und gibt einen Schall.

3. Um eine Rolle (*b*, Figur 5; die Rolle liegt in Wirklichkeit höher) von grofsem Durchmesser wickelt man einen Faden, der aus einzelnen verschieden gefärbten Stücken besteht; die Länge eines jeden Stückes entspricht dem Rollenumfang. Das eine Fadenende befestigt man an einem Schwimmer (*c*) [in einem Gefäfs (*a*)], das andere ist mit einem Senkel beschwert. Beim Sinken des Schwimmers erscheinen die Farben entsprechend jeder vergangenen und noch bleibenden Stunde.

„Dies sind die Ausführungen, die gleichsam die Wurzeln bilden, von denen sich zahlreiche Zweige abzweigen und sich vermehren. Auf sie hin konstruiert man Instrumente und Apparate entsprechend der Schönheit der Theorie und der bildlichen Vorstellung", sagt der Verfasser.

Man kann auch eine grofse und eine kleine Rolle auf derselben Achse verwenden und zwar entweder die grofse für den Schwimmer, von dem ein besonderer Faden ausgeht, und die kleine für die Farben; diese Anordnung verwendet man, wenn man die Langsamkeit oder Schnelligkeit der Arbeit beurteilen will. Sonst nimmt man die grofse Rolle für die Farben, da dann die Farben für jede zu messende Stunde länger sind. [Dem letzteren Fall entspricht die Darstellung in Fig. 5.]

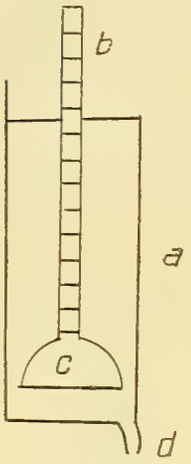


Fig. 3.

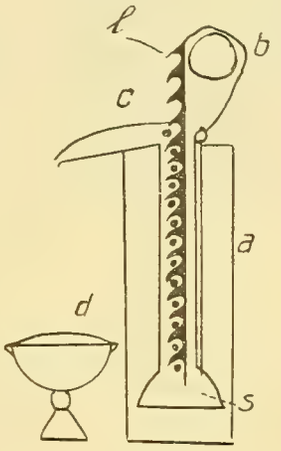


Fig. 4.

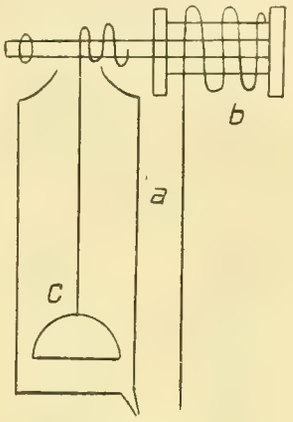


Fig. 5.

An der Fig. 3 steht bei *a*: erstes Instrument; *b*: das geteilte Lineal; *c*: der Schwimmer (*ʿAwwâm*); *d*: Aus- und Eintrittsstelle des Wassers.

An der Fig. 4 steht bei *a*: zweites Instrument; *b*: diese Rolle wird (in Wirklichkeit) an einer höheren Stelle angebracht; *c*: Kanal für die Kugeln; *d*: Kupfergefäfs. — In der Figur fehlt die Ausflufsöffnung unten am Gefäfs. Das Futteral für das Lineal *l* ist zu kurz und das Wassergefäfs zu niedrig gezeichnet. Endlich ist die unterste Kugel nur versehentlich gezeichnet, da sich an ihrer Stelle natürlich keine Kugel mehr befinden konnte.

An der Fig. 5 steht bei *a*: drittes Instrument; *b* Rolle; *c*: Schwimmer.

Hier möchten wir die Beschreibung einer Uhr anschliefsen, die in der Pariser Handschrift (s. w. u.) geschildert ist, die diejenige der Uhr des Archimedes enthält; sie ist von C. de Vaux kurz mitgeteilt. Die Uhr besteht aus einem Gefäfs mit einer Öffnung in der Nähe des Bodens; an Teilungen und Linien, die im Innern gezogen sind, kann man die gleichmäfsigen Stunden und die krummen für jeden Tag des Jahres bestimmen. Der Verfasser sagt:

Über die Herstellung des *Taǧâr*, dies ist der *Kunnâsch*,[1]) er dient dazu die gleichförmigen und die krummen Stunden zu messen.

[1]) *Taǧâr* ist ein persisches Wort, das ein Wassergefäfs bedeutet. *Kunnâsch* stammt aus dem Aramäischen. Ich habe für dieses die Bedeutung „Uhr“ oder „Wasseruhr“ nicht finden können. Es bedeutet ursprünglich Sammlung, als Büchertitel dient es dazu, um ein

Um den *Kunnâsch* (Fig. 6) herzustellen, nimmt man einen *Taǧâr* aus Messing, von beliebiger Gröfse, man gibt ihm eine symmetrische Form (*handam*) und richtet seine Seiten nach dem Lineal (d. h. der *Taǧâr* soll ein Rotationskörper sein). Dann stellt man sich drei oder vier Mündungsstücke mit verschieden grofsen Öffnungen her. Weiter nimmt man einen der Zymbel (*Asringa*) ähnlichen Gegenstand, er soll gerundet sein und einen umgebogenen Rand haben, etwa wie ein Becher [in der Mitte hat er ein Loch] mit umgestürztem (*maqlûb*, umgelegtem) Rand. Rundung und Tiefe der Zymbel sollen der Gröfse des Mündungsstückes entsprechen. Nachdem man dem *Taǧâr* eine entsprechende Form gegeben, ihn abgeschabt und poliert hat, bestimmt man seinen Mittelpunkt, dann zeichnet man einen Kreis auf seiner Lippe, d. h. seinem Rand oder ein klein wenig nach innen. Diesen Kreis teilt man durch vier Linien, die sich im Mittelpunkt schneiden in vier gleiche Teile. Soll das Instrument für die gleichmäfsigen Stunden dienen, so benutzt man nur diese vier Linien. Mit einer kleinen

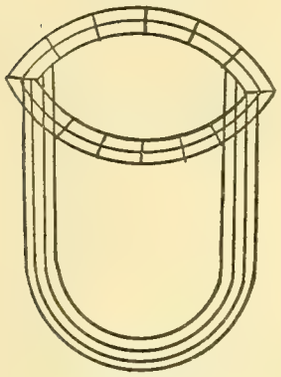


Fig. 6.

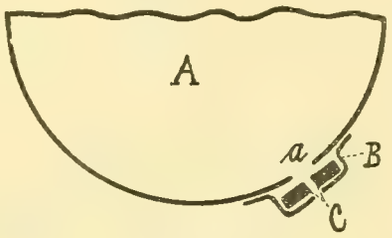


Fig. 7.

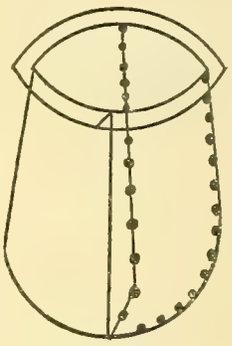


Fig. 8.

Zirkelöffnung zieht man dann um den Mittelpunkt des *Taǧâr* einen Kreis. Auf der Peripherie dieses Kreises wird dann zwischen zwei der oben erwähnten Linien ein Loch (*a*) (Fig. 7) gebohrt, dem gegenüber das Loch für das Mündungsstück in der Zymbel angebracht wird, aus dem das Wasser austritt.[1]) Das Loch (*a*) ist weiter als das Loch des Mündungsstückes (*c*). Mit dem Zirkel bestimmt man dann den Umfang (Radius) der Zymbel, und zieht mit der Zirkelöffnung um den Mittelpunkt des Loches in dem *Taǧâr* aufsen einen Kreis. Legt man auf diesen den Umfang der Zymbel, so entsprechen sich das Loch (*a*) in dem *Taǧâr* (*A*) und das in der Zymbel. Dann befestigt man [zum Ausprobieren] das Mündungsstück sorgfältig auf der Zymbel mit Wachs und ebenso diese auf dem *Taǧâr*. Den *Taǧâr* setzt man auf einen Schemel (s. w. u.).

Werk, das ein ganzes Gebiet umfafst, zu bezeichnen. Vielleicht ist es hier verwendet, weil die im folgenden beschriebene Uhr sowohl für die gleichmäfsigen als auch für die krummen (zeitlichen) Stunden eingerichtet ist.

[1]) Sowohl in Fig. 6, wie auch in Fig. 8, ist die Ausflufsöffnung nicht gezeichnet, weshalb sie in einer besonderen Zeichnung (Fig. 7) nach den Angaben des Textes dargestellt wurde.

Jetzt füllt man den *Taǧâr* mit Wasser bis zu dem gröfsten Kreis, der sich auf ihm befindet (dieser liegt unmittelbar am oberen Rande). Hierauf nimmt man die [Sonnen-]höhe der gleichmäfsigen Stunden und zwar zu einer beliebigen Zeit (*Zamân*). Handelt es sich um die Zeit, zu der die Sonne in den Zwillingen, dem Krebse oder dem Löwen steht, so ist das möglich. Für andere Zeiten will ich es Dir angeben.[1]) Hierzu nimmt man die Höhe zu irgend einer Zeit (*Waqt*), mögen nun eine, zwei oder mehr Stunden des Tages verflossen sein. Das ist gleichgiltig, wenn man nur genau weifs, wieviel Stunden verflossen sind. Das eingefüllte Wasser läfst man bis zum Mündungsstück ausfliefsen und bestimmt die Höhe, wenn es sich am nächsten Tage entleert hat. Entspricht die hierzu nötige Zeit [an beiden Tagen zusammen] der Zahl der Stunden des längsten Tages der betreffenden Gegend, so ist die Sache in Ordnung. Ist etwa zu viel Wasser vorhanden, so macht das nichts, denn man kann es für die Nacht verwenden. Für gewöhnlich bringt man das [ausgeflossene am Abend] in den Behälter zurück, so dafs der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt wird. Braucht man das Wasser erst am nächsten Morgen, so bringt man es erst an diesem zurück. Ist alles Wasser ausgeflossen, und sind die Stunden noch nicht abgelaufen, so mufs man das Mündungsstück durch ein anderes ersetzen, denn das Loch ist zu weit und man kann es nicht enger machen. Bleibt nach Ablauf der oben erwähnten Stundenzahl noch ziemlich viel Wasser übrig, so ist das Loch zu eng; man macht es dann weiter oder ersetzt das Mündungsstück durch ein anderes.

Verhält sich alles nahezu so, wie eben geschildert, so füllt man den *Taǧâr* mit durchgeseihtem Wasser und bedeckt es mit einem Handtuche, damit kein Schmutz hineinfällt. Dann entnimmt man [Tabellen] die Höhen je für die aufeinanderfolgenden gleichmäfsigen Stunden. Nach Ablauf einer Stunde macht man entsprechend dem Stand der Wasseroberfläche auf einer der vier Linien ein Zeichen. Durch die Bestimmung der Höhen erhält man so gleich lange Stunden, gleichgiltig an welchem Tage und zu welcher Jahreszeit und wo man die Beobachtungen anstellt. Das Ganze prüft man mehrmals, indem man auf die Erhebung zu den Stunden des längsten Tages dieser Gegend Rücksicht nimmt [damit man die richtige Stundenzahl herausbekommt]. Stimmt das alles, so macht man sich doppelt so viele Sterne aus Silber als der Tag Stunden hat. Diese bringt man auf der mit Zeichen versehenen Linie (Fig. 8) auf den Zeichen an sowie auf den genau entsprechenden Stellen der gegenüberliegenden Linie; dadurch wird die Beobachtung sicherer gemacht. Die beiden Linien bilden einen Durchmesser des *Taǧâr*. An den Enden der beiden anderen Linien bringt man je einen Stern an; diese sollen angeben wie weit das Wasser eingefüllt werden mufs; sie liegen

[1]) Es ist nicht einzusehen, warum das Verfahren in den verschiedenen Jahreszeiten ein verschiedenes sein soll. Zunächst wird untersucht, ob das Mündungsstück so grofs ist, dafs sich der *Taǧâr* an dem längsten Tage gerade entleert, das kann an einem Tage nur geprüft werden, wenn dieser die betreffende Zahl von Stunden hat; das ist aber nur der längste Tag selbst. An allen anderen Tagen mufs die Beobachtung an mindestens zwei Tagen erfolgen, wie dies nachher eingehend geschildert ist. Die Beobachtungen gestalten sich in den erstgenannten drei Monaten am leichtesten, da die Tage am längsten und am klarsten sind. — Man kann diese Beobachtung auch am Abend beginnen und am Morgen beendigen, das ist bei den kurzen Nächten der Sommermonate am leichtesten.

auf einem gröfsten Kreis auf der Linie, die bei der Vierteilung gedient hat. Ich will nun schildern, wie die Sterne befestigt werden (diese Stelle fehlt). Das Mündungsstück befestigt man definitiv in der Höhlung der Zymbel mittels Mastix. Die Zymbel befestigt man mittels Blei an der ihr zukommenden Stelle. Ein Deckel auf dem *Taǧâr* dient dazu, Schmutz, während man ihn benutzt, von ihm fernzuhalten, damit nicht etwas in das Auge (die Öffnung, s. S. 30) gelangt und dieses schädigt.

Dann stellt man den *Taǧâr* auf den Schemel, horizontiert ihn und füllt ihn mit Wasser. Unter dem Schemel steht ein Gefäfs um das ausfliefsende Wasser aufzunehmen. Ich werde ihn dir beschreiben [die Beschreibung fehlt].

Wenn man zu den Tagen des Skorpion, Schützen und Steinbocks sich mit dem *Taǧâr* befassen will, so kann man das ebenfalls. Man füllt Wasser ein und bestimmt wieviel Stunden vergangen sind [am Abend]. Am Morgen gieſst man wieder Wasser ein [bis zu der Stelle, bis zu der es am vorhergehenden Tage gesunken ist]. Dann rechnet man von dieser Stunde an bis zu derjenigen, bei der man dann später beobachtet.

Ist nun alles so, wie wir gesagt haben, so beginnt man mit der Ausführung und füllt das Wasser ein, dann legt man die den Ablauf der einzelnen gleichmäfsigen Stunden entsprechenden Höhen fest und macht auf den beiden Linien Zeichen. Tritt eine Wolke oder sonst etwas vor die Sonne und verhüllt sie, so bestimmt man wieviel Stunden seit dem Beginn [des Versuches] verflossen sind; das nimmt man als Mafs für die Zeit, welche bis zu dem erreichten Moment verflossen ist. Dann unterbricht man den Wasserabflufs. Will man am nächsten Morgen die Beobachtung wieder aufnehmen, so gieſst man das Wasser wiederum in den *Taǧâr,* so dafs es beim Abfliefsen, nachdem man eine Stunde beobachtet hat, wiederum den Stand des vorigen Tages erreicht. Dann fängt man mit der Beobachtung an.

Um gleichzeitig die krummen und die gleichmäfsigen Stunden aufzunehmen, trägt man erstere auf zwölf in gleiche Teile geteilten Linien ab. Der benutzte *Taǧâr* soll dazu einen ebenen und glatten Rand haben (Fig. 6). Diesen Rand teilt man durch Linien in zwölf gleiche Teile, von denen die ersterwähnten Linien ausgehen. Auf den Rand schreibt man an diese Teilstriche die Namen der Tierkreiszeichen in Buchstaben wie auf den Rand des *Astrolab* [und unterteilt die Abschnitte in Fünftel]; die eng aneinanderstehenden Teilstriche, nämlich die für die Fünfer, liegen nach dem Innern des *Taǧâr.*

Nun trägt man auf den dem Krebs[1]) und dem Widder entsprechenden Linien die gleichmäfsigen Stunden ab. Auf der Linie des Krebses erhält man so den längsten Tag und auf der Linie des Widders den Tag von Tag- und Nachtgleiche. Für den *Taǧâr* fertigt man nun eine *Alhidade,*[2]) die gekrümmt ist und die Gröfse des Durchmessers des *Taǧâr* hat. Die *Alhidade* hat zwei um den Rand des *Taǧâr* umgebogene Enden, und an diesen zwei zugeschärfte Spitzen (*Schaẓîja*), sie dienen als Indices für die Teilung und gleichen denen am *Astrolab.* Diese *Alhidade* wird folgendermafsen

[1]) Den Krebs nimmt man, da für diesen die Zahl der gleichmäfsigen Stunden am gröfsten ist.

[2]) Diese *Alhidade* ist ein der Innenwand des *Taǧâr* sich anschmiegendes gekrümmtes Lineal, als „Durchmesser" wird hier die Länge der Strecke auf der Wand des *Taǧâr* von Rand zu Rand gemessen benutzt.

verwendet. Man befestigt die Mitte der *Alhidade* durch einen Stift in die Mitte des *Taǧâr*, so dafs sie sich im Innern des *Taǧâr* dreht, dabei drehen sich die Zeiger auf den Fünfern, die bei den Tierkreiszeichen eingeritzt sind. Nun füllt man den *Taǧâr* mit Wasser und stellt den Zeiger der *Alhidade* auf den Anfang des Steinbocks und nimmt die Höhe der krummen Stunde; man läfst das Wasser ablaufen und macht nach Ablauf der ersten krummen Stunde auf der Linie des Steinbocks an dem Rand der *Alhidade* ein Zeichen. Dann dreht man die *Alhidade* auf den Anfang des Stieres und verfährt ebenso mit der ersten krummen Stunde. Hierauf dreht man die *Alhidade* wieder zum Steinbock und verfährt ebenso für die zweite Stunde und analog beim Stier; so fährt man fort, bis alle Stunden dieser Tierkreiszeichen erledigt sind, dann prüft man das Ganze am nächsten Tage nach. Wenn man will, so führt man die Operation [nur] bei diesen beiden Tierkreiszeichen aus, man kann auch die übrigen Zeichen so behandeln aufser dem Krebs, dem Steinbock, dem Widder und der Wage.[1]) Dann nimmt man die *Alhidade* aus dem *Taǧâr* und sucht mit dem Zirkel den Mittelpunkt eines Kreises, der beim Drehen des Zirkels durch die den ersten krummen Stunden entsprechenden eingezeichneten Stellen geht;[2]) ebenso verfährt man für die zweite Stunde u. s. f. Nach dem Ziehen aller Kreise erhält man durch die Schnittpunkte der Kreise mit den zwölf Linien die jedem Tierkreiszeichen entsprechenden Stunden aufser für den Widder und die Wage [die man ja von vornherein konstruiert hat].[3])

Eine poetische Schilderung einer *Ṭargahâra* gibt in seinem *Dîwân* (Gedichtesammlung) *Mahmûd Ibn al Ḥusain Ibn al Sindî Ibn Schâhik al Kâtib al Kuschâǧim* aus *Ramla*.[4]) Er starb[5]) im Jahre 350 d. H. (961/962

[1]) Der Krebs dient für die gleichmäfsigen Stunden, bei Widder und Wage fallen die gleichförmigen und krummen Stunden zusammen.

[2]) Wie das technisch auszuführen ist, ist unklar; der Kreis wird wohl aus freier Hand gezogen.

[3]) Der Rest des Textes ist leider in der Handschrift sehr zerstört, scheint aber nicht viel Neues zu bieten.

[4]) Auf diese Beschreibung der *Ṭargahâra* hat de Goeje, Bibl. geograph., Bd. 4 S. 287 hingewiesen, nach einer Stelle in der Enzyklopädie des *Nuwairî*. Herr Dr. Juynboll in Leiden war so gütig, mir die Verse abzuschreiben. Sie werden mit den Worten eingeleitet: Zu dem, was man über die *Ṭargahâra* sagt, gehört die Beschreibung von *Abu'l Fatḥ al Kuschâǧim*. — Herr Dr. Juynboll teilte mir dann mit, dafs die Verse in dem 1313 d. H. in Beirut gedruckten *Dîwân* von *Kuschâǧim* S. 82 enthalten seien, den mir die Bibliothek zu Berlin überliefs. Im grofsen und ganzen stimmen die Texte der Verse überein, bei *Nuwairî* fehlen einige, auch ist die Reihenfolge verschieden.

Entsprechend der Tätigkeit des Verfassers beziehen sich eine Reihe von Gedichten des *Dîwân* auf Gegenstände, die im Haushalt verwendet werden, dahin gehören der Teppich, das Handtuch, die ägyptische Bohne, die Melone, Quitte, Orange, das Huhn, der Sauerampher, das Linsenmus, die Ebenholzbretter, weiter der Zirkel, das Astrolab, das Rechnen im Sand. Die Hauptmenge der Verse behandelt die gewöhnlich besungenen Dinge, Sklaven, Sängerinnen, schöne Ringe usw.

[5]) In der Beiruter Ausgabe wird aufser 350 auch 330 angegeben; das ist aber unmöglich, da *Saif al Daula* erst 333 zur Regierung kam.

n. Chr.). Er war Koch bei *Saif al Daula* (333—356 d. H., 944—967 n. Chr.), dem bekannten Herrscher von Aleppo, der auch ein Gönner des Dichters *Mutanabbî* war. Wahrscheinlich handelt es sich hier um eine Wasseruhr mit Ausflufs.

Die Übersetzung der Verse, bei der mich Herr Prof. Hell unterstützt hat, lautet:

Ein Geist aus Wasser in einem Gefäfs aus Bronze, mit feinem Gefühl und ebensolcher Überlegung zusammengesetzt.[1])

Auf seinem Rücken hat es Augenlieder aus Stein und eine Pupille, deren Träne auf einen Kessel fliefst.

In dem untersten Teil des Kessels entstehen Bewegungen, die denen des Wassers im Gaumen (beim Gurgeln) gleichen.

An seinem obersten Ende findet sich eine ins einzelne gehende Rechnung (Angabe) für diejenigen, die ohne Einsicht und Verstand hinsehen.

Weint der Kessel, so dreht sich in seinen Eingeweiden ein Himmelskreis, dessen Wanderung verborgen ist; weint er nicht, so sieht man ihn nicht.

Er, der uns so Kunde gibt, berichtet von den Gebetszeiten und wird als einer, der hierüber richtige Nachricht gibt, erfunden.

Durch ihn werden die fünf [Gebets-]Zeiten für die Pflichterfüllung bestimmt und zwar auch dann, wenn die Bosheit der Wolke und der Regen die Sonne bedeckt.

Wache ich und schlafe ich aus irgend einem Grunde nicht ein, so weifs ich, wie viel von der Nacht abgelaufen ist.

Die Vorrichtung bestimmt genau die Zeit, die sich einer für seine Reisen erwählt.

Sie lehrt die feinsten Teile des Tages, den Bogen der Nacht und die frühe Morgenstunde kennen.

Das Resultat der Wissenschaft und des Nachdenkens ist ihre Gestalt. Gepriesen sei die neue Erfindung der Gedanken, die sich in ihren Gestalten zeigt.

Eine sehr sinnreiche Anordnung, bei der die ausfliefsende Wasser- oder Sandmenge und damit die Zeit nicht nach dem Volumen, sondern nach dem Gewicht ermittelt wird, hat *al Châzinî* bei seiner „Wage für die Stunden und Zeiten“ (Beiträge XXXVII) angegeben, die in seinem Werke über die Wage der Weisheit (verfafst 1121/22) beschrieben ist. An dem einen Arm (I) einer Wage ist in kleinem Abstand von der Achse ein Gefäfs G angebracht, aus dem Wasser oder Sand ausfliefst, bezw. in das diese Substanzen einfliefsen. Von einer bestimmten Stelle des anderen Wage-

[1]) Den hier folgenden Vers im *Dîwân* hat *Nuwairî* nicht aufgenommen. Er ist vielleicht später eingeschoben und lautet etwa: Sie weint, trotzdem sie nicht den Verkehr an einem vertrauten Ort aufgegeben hat, und sie wacht bei Nacht nicht aus Furcht vor Hafs.

armes (*II*) an bis zu dessen Ende sind dann zwei Teilungen angebracht; die eine (α) dient für die Bestimmung der Stunden, die andere (β) für die von deren Unterabteilungen. Aufserdem werden zwei Laufgewichte (*A* und *B*) hergestellt von solcher Gröfse, dafs, wenn man das gröfsere um den Abstand zweier Teilstriche von α und das kleinere über die ganze Skala verschiebt, man dieselbe Änderung des Drehmomentes erhält. Durch Verschiebung von *A* und *B* stellt man das Gleichgewicht her und liest an der Skala die Stunden und deren Bruchteile ab. Fliefst die Substanz aus *G* aus, und das wird meist der Fall sein, so werden die Laufgewichte von aufsen nach der Achse zu verschoben, fliefst dagegen die Substanz in *G* ein, so mufs die Verschiebung in entgegengesetzter Richtung erfolgen. Interessant ist die Bemerkung, dafs, wenn man die Behälter in einem Raum von konstanter Luft (Temperatur) aufstellt, die Unterschiede im Sommer und Winter verschwinden und der Ausflufs in stets gleicher Weise erfolgt.

Sehr häufig werden Uhren erwähnt und beschrieben, bei denen nach Ablauf einer bestimmten Zeit, etwa einer Stunde, Figuren aus Türen hervortreten usw., wie wir dies später bei *Gazarî* genau kennen lernen werden.[1])

[1]) In dem *Sûrya-Siddhânta*, Kapitel 13 (Übersetzung Bibliotheca Indica new Series no. 1 S. 90, 1860 und E. Burgess, J. American Oriental Soc. Bd. 6 S. 407, 1860). Letzterer übersetzt: „Mit Wasserinstrumenten, dem Gefäfs (*Kapâla*) usw., mit dem Pfau, Mann, Affen und Sandbehältern, die mit Schnüren versehen sind, kann man die Zeit genau bestimmen." C. Schoy (Mitt. d. k. k. geogr. Gesellschaft in Wien 1915, Heft 1/2 S. 59) will der Stelle entnehmen, dafs wie bei den muslimischen Uhren Kugeln aus dem Schnabel von Vögeln in ein Metallbecken fielen, so hier Pfauen und Affen Sand und dergl. aus dem Schnabel bezw. Maul träufeln liefsen. Er stützt sich dabei auf die von Burgess mitgeteilten Bemerkungen eines Kommentators.

Im Anschlufs an diese Sanduhren werden „sich selbst bewegende Vorrichtungen" (*svayaṃvaha yantra*) erwähnt, die mittels Quecksilber, Wasser, Fäden, Schnüren, Mischungen von Öl und Wasser, Quecksilber und Sand in Umdrehung gesetzt werden. Ausführlicher sind diese letzteren in dem *Siddhânta-Śiromaṇi* am Ende von Kapitel 11 (Übersetzung Bibliotheca Indica new Series no. 13 S. 227, 1861) beschrieben. Die durch Quecksilber in Bewegung gesetzte Vorrichtung erinnert an die Quecksilberuhr von Alfons von Kastilien. Bei einer anderen fliefst durch einen Heber Wasser in Töpfe, die sich am Umfang eines sich drehenden Rades befinden. Die Töpfe entleeren dann das Wasser in einen unten befindlichen Trog. Darüber, wie diese Vorrichtungen im einzelnen zu Zeitbestimmungen gedient haben, findet sich keine Angabe. Doch dürften sie dazu verwendet worden sein, da sie in dem *Sûrya Siddhânta* nach den Uhren und in dem *Siddhânta-Śiromaṇi* im Anschlufs an die astronomischen Instrumente behandelt sind.

Eine sehr kunstvolle, wenn auch in ihrer Wirkung nicht sehr genaue derartige Uhr ist eine, die dem Archimedes zugeschrieben wird. Ich gebe ihre Beschreibung ziemlich ausführlich, da wohl die Mehrzahl, wenn nicht alle ähnlich konstruierten arabischen Wasseruhren im Anschlufs an sie hergestellt sind. C. de Vaux[1]) hat die Uhr nach einer Pariser Handschrift geschildert. Dafs sie es war, die sowohl *Gazarî* als auch *Riḍwân* unter der Uhr des Archimedes verstanden, sehen wir daraus, dafs der in der Pariser Handschrift beschriebene Halbkreis, längs dessen sich die Ausflufsöffnung bewegt, der gleiche ist wie ihn *Riḍwân* schildert und *Gazarî* abbildet, bezw. beide kritisieren (s. Fig. 9).

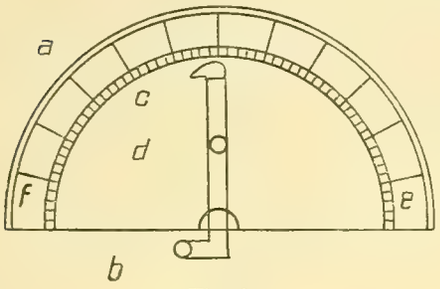


Fig. 9.

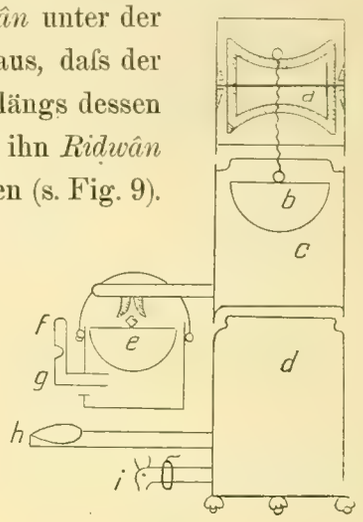


Fig. 10.

An der Fig. 9 steht bei *a*: dieser Halbkreis wird an dem *Rubʿ* befestigt; *b*: der Kreis, der in den *Rubʿ* eingesetzt wird; *c*: Zeiger für die Teile; *d*: Loch des Mündungsstückes. Von *e* bis *f* sind die Namen der Tierkreiszeichen eingeschoben, beginnend mit dem Bogen (Schützen) bis zum Steinbock.

An der Fig. 10 steht bei *a*: die Rolle; *b*: der Schwimmer (*Dabba*); *c*: der Behälter (*Chizâna*) für den Schwimmer; *d*: der Behälter für das stehende Wasser (*Maǧîd*); *e*: der Schwimmer (*ʿAwwâm*); *f*: Loch des Mündungsstückes (*Gazʿa*); *g*: die Röhre des Mündungsstückes; *h*: der Löffel (*Miqlab*); *i*: der Hahn.

Die verschiedenen Wasserapparate gibt Fig. 10 wieder; wie sie funktionieren ergibt sich aus den früheren kurzen Angaben und bei einem Vergleich mit den Schilderungen von *Gazarî* und *Riḍwân*. Das austretende Wasser gelangt auf einen Löffel und von diesem in den Behälter des Sumpfes, Stagnierens (*Maǧîd*). Wie bei *Gazârî* dient dies austretende Wasser zum Bewegen von Mechanismen, nämlich zwei

[1]) C. de Vaux, J. asiat. [8] Bd. 17, S. 287, 1891. Von dieser Schrift sind drei mehr oder weniger vollständige Handschriften vorhanden. Die eine in Paris befindliche, Katalog von de Slane Nr. 2468 S. 437 hat C. de Vaux am angeführten Ort besprochen, sie enthält Lücken. Der Anfang der Schrift findet sich im Ms. 954 der Bodleiana. Während aber der Anfang des Pariser Ms. lautet: „Archimedes hat gesagt: Nachdem ich festgestellt habe, dafs das, was die Menschen über die Herstellung der Klepshydren (*Binkâmât*) geschrieben, unvollkommen und unvollständig ist, habe ich dies Werk geschrieben, das möglichst eingehend sein soll", heifst es im Oxforder Text: „Archimedes hat gesagt: Oh mein lieber

silbernen Schlangen, die alle Stunden hinter zwei Bergen hervorkommen und sich Sperlingen nähern, die auf einem Baum sitzen. Diese Sperlinge pfeifen dann, indem das in den unten befindlichen Wasserbehälter eintretende Wasser die Luft heraustreibt. Zweimal im Tage gelangt dann noch ein flötender Mann in Tätigkeit, indem der sogenannte Becher des rechten Mafses in Tätigkeit tritt. Das obere Gefäfs (*a*, Fig. 11) füllt sich mit Wasser; hat dieses eine bestimmte Höhe erreicht, so entleert es sich plötzlich durch den Kapsel- (strangulierten) Heber[1]) (*b*) in das untere Gefäfs (*c*) und treibt die Luft aus der Öffnung (*e*) und einer Flöte aus. Zum Schlufs läfst man aus dem Hahn *d* das Wasser ab.

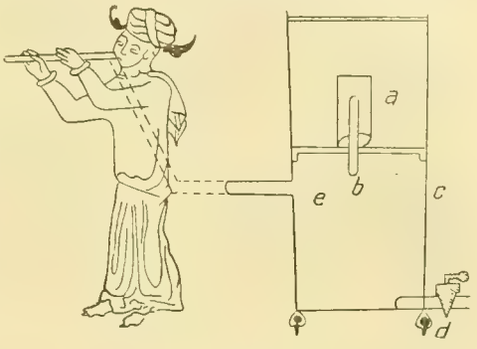


Fig. 11.

An der Fig. 11 steht bei *a*: Becher des richtigen Mafses; *b*: Eintrittstelle des Wassers; *c*: Behälter für den Flötenspieler; *d*: der Hahn; *e*: Austrittstelle der Luft. [Anmerkung: Über den Becher des richtigen Mafses vgl. Beiträge VI, S. 31.]

Andere Bewegungen werden durch eine obere Rolle vermittelt; auf ihrer horizontalen Achse ist ein Zahnrad befestigt, das in einen vertikalen, gerieften Zylinder eingreift. In einer von den Methoden *Ridwân* und *Gazarî* abweichenden Art werden Kugeln in den Schnabel eines Raben und von diesem auf eine Zymbel geleitet. Über einer Scheibe, die in der Nähe des Randes ein Loch (*a*) hat, das sich über dem Kopf des Raben befindet, bewegt sich nämlich eine andere, in die, entsprechend dem Loch *a* vierundzwanzig Löcher (*b*) gebohrt sind, in die Kugeln gelegt werden. Nach je einer Stunde kommt ein Loch (*b*) über *a* und eine Kugel fällt in den Kopf des Raben. Weiter erscheinen an einem Gesicht die Augen jede Stunde mit wechselnden Farben. Dies Gesicht befindet sich unter einem von zwei runden Säulen getragenem Bogen; an den Säulen ist je eine Stundeneinteilung, die eine von oben nach unten, die andere von unten nach oben, angebracht. Längs der Teilung bewegen sich zwei Ringe, der eine von unten nach oben, der andere von oben nach unten. Diese werden durch Fäden bewegt, die über kleine Rollen von der grofsen Rolle ausgehen. Statt der Ringe werden auch zwei, oben auf zwei senkrechten Stäben befestigte, horizontale Scheiben benutzt, auf denen je ein Mann steht, der mit dem Zeigefinger auf die Teilungen hinweist.

Ariston, ich will Dir erklären, wie man die Wasseruhren, die Anordnungen mit den Kugeln und anderes konstruiert, um Deinen Wunsch, in diesem Gegenstand unterrichtet zu werden, zu erfüllen.“ Ob die in dieser Handschrift fol. 19—25 beschriebenen Anordnungen mit Uhren verbunden waren, mag dahingestellt bleiben (vgl. C. de Vaux, Bibliotheca mathematica [3] Bd. 1, S. 31, 1900). — Interessant ist, dafs Philon sich auch in seiner Pneumatik (ed. C. de Vaux, Notices et extraits, Bd. 38, S. 27, 1903), an einen Ariston wendet, während in den Schriften des Archimedes der Name nicht vorkommt. Die dritte Handschrift ist im British Museum, Nr. 1336, S. 619; sie ist die vollständigste. Nach allen hoffe ich bald eine vollständige Übersetzung der Schrift mitteilen zu können.

[1]) Vgl. hierzu Beiträge VI, S. 31.

Weiter sind Gefangene aufgestellt, die je nach dem Ablauf einer Stunde von einem Scharfrichter geköpft werden. Dieser wird hinter den Gefangenen vorbeigezogen und schiebt dann die nur aufgesetzten Köpfe herunter. Endlich ist noch eine Reihe von zweiflügeligen verschlossenen Türen vorhanden. Hinter ihnen stehen Pferde; nach Ablauf jeder Stunde fällt ein Reiter auf sein Pferd und dadurch öffnen sich die Türen. Die Anordnung ist ähnlich einer bei *Gazarî* geschilderten.

Im Anschlufs an die Uhr des Archimedes wird in der Pariser Handschrift statt des sich über einem Halbkreis bewegenden Mündungsstückes ein über einem Vollkreis sich bewegendes folgendermafsen beschrieben[1]):

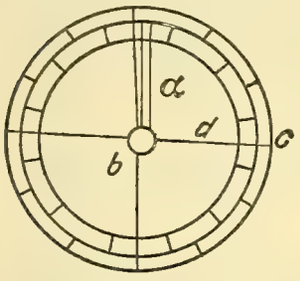


Fig. 12.

An der Fig. 12 steht bei *a*: die Röhre; *b*: das Futteral (*Ġilâf*); in dem äufseren Kreis stehen von *c* links herum, angefangen mit Widder die Namen der Tierkreiszeichen; im innern Kreis stehen von *d* angefangen die syrischen Monatsnamen *Adâr, Nîsân, Ajjâr, Hazîrân, Tamûz, Âb, Ajlûl, Tischrîn I, Tischrîn II, Kânûn I, Kânûn II, Schubâṭ.* Die Anfänge der Monate fallen nicht, wie das ja auch richtig ist, mit denen der Tierkreiszeichen zusammen.

Beschreibung einer Uhr (*Fingân*),[2] mit Namen Tropfvorrichtung (*Qaṭṭâr*),[3] für die zeitlichen Stunden.[4]) Man stellt zunächst eine Reguliervorrichtung (*Muʿaddil al Mâ*) für den Wasseraustritt her. Dazu nimmt man eine kreisrunde Scheibe von einem Durchmesser, der unter einem *Fitr* (Spanne zwischen Daumen und Zeigefinger) liegt. In ihre Mitte bohrt man ein weites Loch. Dann stellt man eine Röhre her, die nicht ganz einen Finger weit ist, und biegt ihr Ende um, dieses soll etwa die Länge des Futterales (*Ġilâf*) des rechten Mafses (*ʿAdl*) haben, aber kürzer sein. An seinem Ende bringen wir einen Mann und eine Frau (s. w. u.) an, ersterer ist wie ein Ventil (in letztere) eingeschliffen. Das Ende ist durchbohrt, damit das Wasser in das Rohr eintreten kann. Den männlichen Teil setzt man in die Mitte der Scheibe ein. Ihr Rand (Fig. 12) ist in 12 Teile geteilt. In diese schreibt man die Namen der Tierkreiszeichen und von diesen nach innen zu die Namen der Monate. Den Namen des Widders schreibt man auf die der untersten Linie der Uhr parallele Linie (d. h. an den horizontalen Durch-

[1]) Einen kurzen Auszug der Stelle hat Carra de Vaux a. a. O. gegeben.

[2]) So dürfte zu lesen sein und nicht *Fatḥân* wie Carra de Vaux will (J. asiat. [8], Bd. 17, S. 320. 1891).

[3]) Tropfvorrichtungen, *Qaṭṭâra*, als Femininum, erwähnen die *Mafâtîḥ*, Beiträge VI, S. 50.

[4]) Zum Verständnis der recht schwierigen Beschreibung, der Text ist verderbt, sei bemerkt, dafs hier statt einer halbkreisförmigen Scheibe eine kreisförmige benutzt wird. Das Futteral des rechten Mafses dürfte eine Ansatzröhre an dem sonst als *Rubʿ* bezeichneten Gefäfs sein, in dem der Ausflufs des Wassers geregelt wird. Auf dem Umfang des Futterales wird die Scheibe aufgelötet, in das Futteral eine kurze Röhre (die weibliche s. w. u.) eingesetzt, in die eine andere rechtwinklig umgebogene, die männliche Röhre, sich einfügt. An dem freien Ende der letzteren befindet sich das Mündungsstück. — Eventuell könnte das Futteral des rechten Mafses auch der *Rubʿ* sein; dadurch ändert sich aber nichts wesentliches. Zu beachten ist, dafs auf dem Kreis die Monatsnamen mit ihren syrischen Namen bezeichnet sind.

messer). Im Abstand von 15° vom Anfang des Widders (d. h. in dessen Mitte) machen wir wieder ein Zeichen. An den Widder anschliefsend werden die anderen Tierkreiszeichen angeschrieben, bis zum Krebs, der die höchste Stelle des Kreises einnimmt, und dem Steinbock, der am tiefsten steht. Den weiblichen Teil (der mit der Scheibe fest verbunden ist) befestigt man am Futteral und pafst den Mann und die Frau gut zusammen. Die Scheibe selbst befestigt man vorher sehr gut an dem Futteral. Am Ende der Röhre ist das Mündungsstück befestigt, das sich entsprechend mit der Röhre dreht.

Die Eichung für die Stunden ergibt sich folgendermafsen. Ist diese für die Stunden im Widder richtig, so hebt man das Ende mit dem Mündungsstück zu dem Anfang des Stieres. Hier fliefst das Wasser langsamer aus, und die einer Stunde entsprechende Menge braucht zum Ausfliefsen länger. Dann geht man zum Anfang der Zwillinge, die Verminderung ist noch gröfser, dann hebt man die Öffnung zum Anfang des Krebses, dort tritt die kleinste Menge aus. Hierauf geht man zum Löwen über, da folgen die Tropfen schneller aufeinander; dies wächst stetig, bis man zu der dem Anfang des Krebses gegenüberliegenden Stelle gekommen ist. Dort erfolgt das Austropfen am schnellsten; im Steinbock tritt in einer Stunde eine besonders grofse Wassermenge aus.

Diese letzten Ausführungen entstammen nach dem oben angeführten sicher nicht dem Pseudo-Archimedes, sondern sind später auf Grund der Angaben von *Gazarî* oder anderen beigefügt worden; die Handschrift stammt aus dem XVI. Jahrhundert.

Die dem Archimedes zugeschriebene Uhr ist komplizierter als die von muslimischen Schriftstellern beschriebenen und ich möchte glauben, dafs sie auf ein byzantinisches Original zurückgeht. In Byzanz waren ja zahlreiche Automaten, singende Vögel usw., vielfach wohl im Anschlufs an Heron, Philon und andere konstruiert worden.[1])

Anschliefsend an diese pseudoarchimedische Schrift sei auf die Bedeutung der Schriften von Heron und vor allem von Philon[2]) für die Konstruktion der Uhren hingewiesen.

Letzterer beschreibt z. B. Nr. 31 ein Wasserbecken, „dessen Konstruktion der der Uhren ähnlich ist“. In das Becken fliefst intermittierend Wasser und zugleich bietet eine aus einer zunächst verschlossenen zweiflügeligen Türe hervorkommende Hand eine Kugel mit Bimsstein dar. Die Kugel rollt aus einer Rinne in die Hand, die an einer Achse befestigt ist,

[1]) Vgl. z. B. Beiträge V, S. 427.

[2]) C. de Vaux, Le livre des appareils pneumatiques par Philon de Byzance. Notices et extraits des manuscrits. Paris. Bd. 38, S. 27. 1903.

sich neigt, gegen die Türe stöfst und diese öffnet. Die Kugeln liegen hinter einem Schlüssel (Riegel), der sich neigt und eine nach der anderen herunterläfst. Warum immer nur eine austritt, ist nicht angegeben.

Ähnliche Vorrichtungen beschreibt *Gazarî* in der dritten „Gattung" seines Werkes; in ihr wird die Herstellung von Krügen, Schalen usw. besprochen.

Die älteste Beschreibung einer wirklich ausgeführten arabischen Uhr ist uns in Einhards Bericht erhalten. Es ist diejenige, die Karl der Grofse im Jahre 807 von *Hârûn al Raschîd* erhalten haben soll. Nach neueren Forschungen von Barthold handelt es sich aber nicht um eine Gesandtschaft des Chalifen, sondern nur um Beziehungen von Untertanen des Chalifen zu dem Kaiser (Der Islam, Bd. 3, S. 409, 1912). Die Angaben von Einhard lauten:

Auch ein höchst kunstvoll aus Messing (auricalcum) gearbeitetes Uhrwerk (horologium) war dabei, in dem der Lauf der zwölf Stunden nach einer Wasseruhr (clepsidra) sich bewegte mit ebensoviel ehernen Kügelchen (aerea pilula), die nach Ablauf der Stunden herunterfielen und dadurch ein darunterliegendes Becken (Zymbel, cimbalum) erklingen machten; ferner waren darin zwölf Reiter, die am Ende der Stunden aus zwölf Fenstern herauskamen und durch ihre Bewegung ebensoviele zuvor verschlossene Fenster aufmachten; noch vieles andere befand sich an dieser Uhr, was aufzuzählen zu weitläufig wäre. (Einhardi Annales ed. G. H. Pertz S. 53/54. Hannover 1845. Einhards Jahrbücher, übersetzt von O. Abel, S. 108/109. Berlin 1850).

Über eine Uhr in Bagdad berichten mehrere Schriftsteller.[1]) Sie befand sich an einer Säulenhalle (*Îwân*), deren Bau 633 d. H. (1235/36) gegenüber der von *Mustanṣir* gegründeten Akademie vollendet wurde.

Auf ihrer Wand war in einem Kreis die Himmelssphäre (*Falak*) dargestellt und zierliche Bögen mit zierlichen Türen angebracht. In dem Kreis befanden sich zwei goldene Falken über zwei goldenen Schalen. Hinter ihnen lagen zwei messingene, für den Beschauer unsichtbare Kugeln. Nach Ablauf jeder Stunde öffneten sich die Schnäbel der Falken, aus ihnen fielen zwei Kugeln. Gleichzeitig öffnete sich eine der Türen. Diese erschienen ursprünglich golden, dann silbern. Die Kugeln kehrten nach dem Fall an ihren ursprünglichen Ort zurück.[2]) Weiter gingen goldene Monde (d. h. die Sonne) an dem lazurblauen Himmel der Himmelssphäre auf und zwar gleichzeitig mit der wahren Sonne, kreisten mit ihr und gingen zugleich mit ihr unter. So oft die Nacht kam, wurden [nacheinander] Monde (allmählich sich erhellende Glasscheiben, vgl. *Gazarî*) sichtbar, und zwar durch ein hinter ihnen befindliches Licht. Nach

[1]) Ein Text ist von L. Cheikho, *Maschriq*, Bd. 10, S. 80, 1907, veröffentlicht.

[2]) Das ist natürlich nicht wörtlich zu nehmen. Es fallen immer neue Kugeln.

Ablauf einer Stunde leuchtete der ganze [erste] Kreis, dann begann der nächste zu leuchten, bis die Nacht zu Ende war und die Sonne aufging.

Qazwînî (Bd. 2, S. 211) berichtet über dieselbe Uhr: „Über dem Tor der Akademie befindet sich eine Säulenhalle, in deren Vorderseite der Kasten der Stunden (*Sandûq al Sâʿât*) nach einem wunderbaren Plan angebracht ist. Er zeigt die Stunden des Gebetes und den Ablauf der zeitlichen Stunden.

Sowohl in der Stelle im *Maschriq* als auch bei *Qazwînî* finden sich auf diesen Ort bezügliche Verse von *Abu'l Farag ʿAbd al Raḥmân Ibn al Gauzî* (vgl. Beiträge X, S. 350/51), ferner Cheikho (*Maschriq*, Bd. 10, S. 80, 1907).

In Antiochia in Syrien befand sich über dem einen Tor einer Kirche eine Wasseruhr (*Fingân lil Sâʿât*), die Tag und Nacht anhaltend je 12 Stunden in Gang ist (*Jâqût*, Bd. 1, S. 383, Beiträge V, S. 418).

Von einer Uhr in Antiochia hören wir auch durch chinesische Berichte aus dem 9. bis 11. Jahrhundert. Danach hatte man oberhalb eines Tores einen grofsen goldenen Stab angebracht. An ihm befinden sich zwölf goldene Kugeln. Auf die Seite einer ganz aus Gold gefertigten menschlichen Figur von Männeshöhe fällt, wenn eine Stunde verflossen ist, eine der Kugeln. Der klirrende Ton gibt genau die Stunden bekannt (F. Hirth, China and the Roman Orient, p. 213, Leipzig 1885; Beiträge XII, S. 217).

Noch eine andere, offenbar höchst kunstvolle Uhr ist mehrfach beschrieben worden. Sie befand sich in *Tlemcen*, das eine Zeitlang im 13. und 14. Jahrhundert eine grofse Rolle gespielt hat. Die Stadt liegt bekanntlich in der algerischen Provinz *Oran*, etwa 40 km vom Meer entfernt.

Eine kurze Beschreibung[1]) hat zunächst Dozy mitgeteilt:

In der Nähe des Sultans befindet sich der Kasten (*Chizâna*) der Klepshydra (*Mangâna*); er war verziert, als ob es ein Gewand aus Jemen[2]) wäre. Er hat vertiefte Türen, deren Zahl den zeitlichen Stunden der Nacht entspricht. Jedesmal, wenn eine Stunde vergangen ist, wird ein Schlagen ausgelöst, entsprechend ihrer Rechnung (d. h.

---

[1]) Diese Stelle stammt aus einem Werke: „Die mittlere Perle der Könige, über die Regierung der Könige von dem König *Abû Ḥammû II Mûsà Ibn Jûsuf*“ (1352—1386), der selbst die Uhr herstellen liefs. Es ist in Tunis 1279 (1862) gedruckt, vgl. Dozy, Suppl., Bd. 2 S. 617. „Die mittlere Perle“ ist die besonders grofse, die sich in der Mitte der ein Halsband bildenden Perlenreihe befindet.

[2]) Wahrscheinlich sind hier die gestreiften Gewänder aus Jemen (*ʿAṣb*, *Burd*, s. *Ibn al Baiṭar* von Lecler no. 1974) gemeint.

entsprechend der Nummer der Stunde), es öffnet sich dabei eine dieser Türen und aus ihr tritt hervor ein Mädchen von wunderschöner Gestalt. In ihrer rechten Hand hat sie ein Stück Papier, das ein Gedicht enthält, in der diese Stunde namhaft gemacht ist, ihre linke Hand hat sie auf dem Munde, als ob sie dem Chalifen die gebührende Huldigung darbringt.

Eine genauere Schilderung der obigen Uhr gibt der *Abû ʿAbd Allâh Muḥammed Ibn ʿAbd al Galîl al Tenesî*[1]):

Was besonders die Bewunderung der Beschauer erregte, war die wunderbare Uhr (*Chizânat al Mangâna*), die den Palast des Königs von *Tlemcen* zierte. Dieses mechanische Werk war mit mehreren Figuren aus Silber von sehr sinnreicher Arbeit und sorgfältiger Konstruktion geschmückt. Oberhalb des Kastens erhob sich ein Busch und auf diesem Busch safs ein Vogel, der seine beiden Jungen mit seinen Flügeln bedeckte. Eine Schlange, die aus ihrem Versteck kam, das am Boden des Gesträuches sich befand, kroch langsam gegen die beiden Jungen, die sie überraschen und verschlingen wollte. Auf der vorderen Seite der Uhr waren 10 (10!) Türen, so viele, als man Stunden in der Nacht zählt, und zu jeder Stunde erzitterte eine dieser Türen indem sie knirschte. Zwei Türen, die höher und breiter als die anderen waren, bildeten die seitlichen Enden des Stückes. Oberhalb all dieser Türen und nahe an der Nische sah man die Kugel des Mondes, die sich in dem Sinne der Äquatoriallinie drehte und genau dem Gang, den dieses Gestirn damals auf der Himmelssphäre einschlug, folgte. Bei Beginn jeder Stunde, in dem Moment, wo die Türe, die ihr entsprach, ihr Knirschen hören liefs, kamen zwei Adler plötzlich aus der Tiefe der beiden grofsen Türen heraus, bogen sich über ein Kupferbecken und liefsen in dieses ein Kupfergewicht fallen, das sie in ihren Schnäbeln hielten: dies Gewicht trat in eine Öffnung in der Mitte des Beckens und rollte in das Innere der Uhr. Dann stiefs die Schlange,[2]) die bis zu der Höhe des Busches gekommen war, ein scharfes Zischen aus und bifs eines der Jungen, trotz der verdoppelten Schreie des Vaters, der sie zu verteidigen suchte. In diesem Moment öffnete sich die Türe, welche der Stunde entsprach, von selbst, eine junge Sklavin trat heraus, die einen Gürtel von gestreifter Seide trug. Mit ihrer rechten Hand reichte sie ein offenes Heft dar, in dem man die Namen der Stunde in einem kleinen Stück in Versen las;[3]) die linke Hand hielt sie auf den Mund, wie wenn man einen Chalifen grüfst.

---

[1]) J. J. L. Bargés, Histoire des *Benî Zeiyan*, Rois de Tlemcen par *L'Imam et Tenssy*, S. 73, Paris 1852. J. J. L. Bargés, Souvenir d'un voyage à Tlemcen. Paris 1859. S. 368 ff.

[2]) Diese ganze Anordnung entspricht einer von Philon beschriebenen (Pn. S. 177) und lehrt, wie lange sich die Tradition aufrecht erhalten hat; vgl. auch die Uhr des Archimedes.

[3]) Zehn recht schwülstige Gedichte hat *Jaḥjà Ibn Chaldûn* (s. w. u.) auf Befehl des Königs *Abû Ḥammû* für das Geburtsfest des Propheten 770 d. H. (1368/69 n. Chr.) gedichtet (vgl. Bargés, Souvenir, S. 371 ff. und Complément de l'histoire des *Benî-Zeiyan*. Paris 1887, S. 206); dort ist auch angegeben, dafs *Maqqarî* solche Verse zitiert; das betreffende Stück fehlt aber in der Krehlschen Ausgabe. Den arabischen Text von *Ibn Chaldûn* enthält Bd. 2 des Werkes von Bel. Herr Dr. Erich Graefe teilt mir zu dieser Stelle mit: In

Über den Erbauer dieser Uhr *Ibn al Faḥḥâm* erfahren wir in der Geschichte der *Banû ʿAbd al Wâd*,[1]) der Könige von Tlemcen, von *Abû Zakarîjâ Jaḥjà Ibn Chaldûn*[2]) folgendes: Der Schüler von *Abû ʿAbd Allâh Muḥammad Ibn Jaḥjà Ibn al Fachchâr*, einem hervorragenden Juristen und Mathematiker, der Jurist *Abu'l Ḥasan ʿAlî Ibn Aḥmad*, der unter dem Namen *Ibn al Faḥḥâm* (Sohn des Köhlers) in den mathematischen Wissenschaften bekannt ist, war der gelehrteste unserer Zeit. Von ihm rührt von mechanischen Werken *al Mangâna* her, die in *Maġrib* (Nordwestafrika) bekannt ist. Dafür belohnten ihn seine Könige mit einer Rente von 1000 Golddinaren, welche die Gouverneure der Provinzen zu liefern hatten.

Diese *Mangâna* funktionierte zum erstenmal am Geburtsfest (des Propheten) des Jahres 760 (1358/59) unter der Regierung des Königs *Abû Ḥammû Mûsâ* in dem Palast des Audienzsaales (*Maschwar*). Aus der Gewährung der Rente schliefst Bargés, dafs *Ibn al Faḥḥâm* noch andere ebensolche Uhren hergestellt hat. Die obige war noch 814 d. H. (1411 n. Chr.) in Gebrauch; sie wird gelegentlich des ersten Geburtsfestes des Propheten nach dem Regierungsantritt von *Saʿîd*, dem Sohn von *Abû Ḥammû* erwähnt. (Vgl. Beiträge V, S. 414.)

Für einen König von Malta bezw. Sizilien (wohl Roger II, 1101 bis 1154) hatte ein Mechaniker in Malta die Figur eines Mädchens hergestellt, durch die man die Stunden des Tages kennen lernte. Sie warf Kugeln auf eine Zymbel (*Sang*). Nach einer Inschrift in der Cappella Palatina zu Palermo liefs König Roger II. 1142 eine kunstreiche Uhr herstellen; ob es die eben erwähnte ist, mag dahingestellt bleiben (vgl. Beiträge V, S. 412/13).

Auch aus Spanien sind uns Nachrichten über Uhren erhalten, so hat nach *Maqqarî* Bd. 2, S. 254 *Abu'l Qâsim ʿAbbâs Ibn Firnâs* die unter dem Namen *Minqâla* bekannten Instrumente (Uhren) hergestellt, durch die man die Zeiten ohne Strich und Abbild (d. h. ohne Sonnenuhren) bestimmt (Beiträge V, S. 416).

Eine Monatsuhr, zwei Wasserbecken (*Bîla*), die sich vom Neumond bis zum Vollmond füllten und dann entleerten, und die in Toledo sich befand, ist von *Maqqarî* (Textausgabe Bd. 1, S. 126) beschrieben. Sie ist

---

den *Chiṭâṭ al gadîda* von *ʿAlî Bâschâ Mubârak* III, 132 ist die Stelle aus *Maqqarî* ausgezogen, die die Angaben über die Uhr enthält. Sie sind nach dem *Naẓm al Durar wa'l ʿIqjân fi Bajân Scharaf Banû Zîjân*, einem Werk von *Maqqarîs* Lehrer *Abû ʿAbd Allâh al Tilimsânî* gemacht, der mit dem obigen *Abû ʿAbd Allâh al Tenesî* identisch ist. — Die *Chizânaṭ al Mangâna* wird hier mit *al Sâʿa al daqqâqa* (die tönende Uhr, Stunde) erklärt.

[1]) Histoire des *Benî ʿAbd al Wâd.* Rois de Tlemcen etc. par A. Bel. Bd. 1. Alger 1904. Text S. 56, Übersetzung S. 69. Bd. 2. Alger 1911—1913. Das Werk ist stark benutzt in J. J. L. Bargés, Complément etc., S. 217.

[2]) Der Mann ist ein Bruder des berühmten Historikers.

von einem *ʿAbd al Raḥmân*[1]) hergestellt worden, als er von einem Götzenbild in *Uzain*[2]) in Indien gehört hatte, dafs es mit seinem Finger eine Drehbewegung ausführte vom Aufgang der Morgendämmerung (*Fagr*) bis zum Sonnenuntergang.

Von der Konstruktion der Uhr erfahren wir nichts, nur dafs, wenn man Wasser aus dem Becken herausschöpfte, dieses sogleich nachströmte, und wenn man solches hineingofs, es verschwand, so dafs stets die dem betreffenden Tage entsprechende Menge vorhanden war. Zerstört wurde die Uhr 1133/34 nach der Eroberung Toledos durch die Christen unter Alfons, als man sie öffnete, um ihre Konstruktion kennen zu lernen. — Die Bemerkung von *Maqqarî*, dafs die Uhr ein gröfseres Kunstwerk darstellte als das Götzenbild in Indien, weil dort unter dem Äquator alle Tage gleich lang sind, während dies in Toledo nicht der Fall ist, trifft für diese Monatsuhr nicht zu, würde aber für eine gewöhnliche Wasseruhr gelten.

Eine eigentümliche Wasseruhr hat König Alfons von Kastilien (1252—84) konstruiert; aus einem Gefäfs strömt gleichmäfsig Wasser, durch das eine Platte mit Angabe der Stunden und mit den Tierkreiszeichen gehoben wird.[3])

Qazwînî (Bd. 2 S. 407) berichtet nach *Harawî* († 611/1214),

dafs sich in Konstantionopel an einem Turm eines Hippodroms eine Wasseruhr (*Fingân al Sâʿât*) befindet; an ihr sind 12 Türen angebracht mit je einem 1 Spanne langen Türflügel. Nach Ablauf einer Tages- oder Nachtstunde öffnet sich eine Türe und aus ihr tritt eine Figur heraus, die bis zum Ablauf der neuen Stunde stehen bleibt, dann tritt die Figur hinein, die Tür schliefst sich, die nächste öffnet sich dagegen und aus ihr tritt eine weitere Figur heraus. (Vgl. Beiträge V, S. 412.)

Jedenfalls im Anschlufs an wirklich konstruierte Uhren wird in Tausend und eine Nacht erzählt, dafs ein griechischer Weiser einem König ein silbernes Becken überreicht, in dessen Mitte ein goldener Pfau sitzt, umgeben von 24 Jungen. Der Pfau pickt nach Ablauf jeder Stunde auf eines seiner Jungen und zeigt so die Tageszeiten an. Nach dem Ablauf eines jeden Monats öffnet er den Schnabel und in ihm erscheint der Mond (Übersetzung von G. Weil, Bd. 1, S. 339).

---

[1]) In seiner Übersetzung bezw. Bearbeitung des Werkes von *Maqqarî* nennt ihn Gayangos *Abu'l Qâsim Ibn ʿAbd al Raḥmân al Ẓarqâlî*. Er dürfte aber kaum mit dem berühmten Astronomen *al Zarqâlî* indentisch sein. — Die Stelle ist auch in E. A. Sédillot in Prolégomènes des tables astronomiques d'Oloug-Beg, Paris 1847, S. LXXXI mitgeteilt (vgl. auch Beiträge III, S. 262).

[2]) *Uzain* liegt unter dem Äquator. Vgl. zu dem Ort Beiträge XXVII, S. 13.

[3]) Vgl. dazu A. Wegener, Bibl. math. [3], Bd. 6, S. 162. 1905.

Wir wenden uns jetzt zur Besprechung zweier umfassender Darstellungen über die Uhren, nämlich von *Gazarî* und *Riḍwân*. Während ersterer eine ganze Reihe von Wasseruhren, die von ihm selbst nach verschiedenen Prinzipien hergestellt wurden, schildert, beschreibt letzterer nur eine solche Uhr, nämlich die am *Bâb Gairûn* nach allen Richtungen auf das Ausführlichste; dabei geht er auf alle technischen Fertigkeiten wie Löten usw. ein (s. w. u.). Zunächst teilen wir das Nötigste über mancherlei Technisches, sowie über die vorkommenden Maſse und Gewichte mit, um später Wiederholungen zu vermeiden.

III.

Uhren von *Gazarî*.

Vorbemerkungen.

1. Technisches.

Die im folgenden enthaltenen technischen Angaben sind ganz überwiegend dem Werk von *Riḍwân* entnommen, da dieser als Nichtfachmann, wie wir später sehen werden, ein weit gröfseres Interesse hatte, alle Einzelheiten zu schildern, als der Techniker *Gazarî*.

Zusammenstellungen von arabischen Ausdrücken für die Uhren und pneumatischen Kunststücke hat C. de Vaux gegeben in seiner Arbeit über die Uhr des Archimedes und in seiner Publikation der Pneumatik von Philon. Manchmal kommen auch astronomische Ausdrücke in Betracht; da sind zu beachten u. a. Arbeiten von E. Dorn, J. J. Sédillot, F. Wöpcke, C. Nallino, J. A. Repsold. (Die Literatur findet sich Beiträge XVIII.)

Für Röhren kommen verschiedene Ausdrücke vor. *Anbûb*, wörtlich Pflanzenrohrstück zwischen zwei Knoten. Werden zwei ineinander gesteckte Röhren benutzt, so heifst die äufsere die weibliche, die innere die männliche. Solche Röhren schleift man mit Schmirgel ineinander ein.

Kurze weite Röhren heifsen *Barbach*, ein Wort, das auch noch in einem anderen Sinne vorkommt, weiter nennt man sie *Ṣaffâra* oder Pfeife. Weite Röhren, die die Gestalt von Wasserleitungsröhren haben, heifsen *Qasṭal*. Bei *Riḍwân* wird eine Röhre *châbûṭî* benutzt; sie heifst vielleicht nach einem Ort *Châbûṭ*, den ich aber nicht auffinden konnte.

Röhren stellt man her, indem man Bleche zusammenbiegt und an den Rändern verlötet. So erhält man auch konische Röhren. Um Röhren zu biegen, gieſst man sie zunächst mit schwarzem Blei, d. h. Blei, nicht Zinn, aus, biegt sie und schmilzt dann das Blei aus.

Für kurze dicke Röhren werden auch Metallklötze ausgebohrt.

Verschlossen werden Röhren durch Hähne (*Batjûn*, vom Griechischen ἐπιτόνιον oder ἐπιστόμιον). Das Wort wird verschieden geschrieben: *Bîṭûn*, *Fatjûn*, *Fiṭûn*. Bei *Riḍwân* kommen zwei Formen vor: *Batjûn* für Hahn und *Bazjûn* für eine Vorrichtung zum Öffnen von Türen. Wir haben zahlreiche Abbildungen von Hähnen mit z. T. sehr zierlichen Griffen (vgl. Beiträge VI, S. 33). Statt eines Hahnes benutzt *Riḍwân* an einer Stelle ein sich in einen Metallklotz einschraubendes Metallstück, er nennt auch dieses „Hahn“ (*Batjûn*).

Weiter werden Ventile (*Bâb*) verwendet, bei einer Uhr des *Gazarî* Kegelventile. Verwendet werden auch Klappenventile (vgl. Beiträge VI, S. 38).

Auch bei Hähnen und Ventilen kommt der Ausdruck männlich und weiblich vor.

Von Ketten, Seilen usw. werden folgende erwähnt:

Silsila, Kette; von gewissen Ketten wird bemerkt, dafs sie aus Kupfer oder Eisen sind, „vereinigt (verheiratet) aus Draht (*Scharî*)“, wahrscheinlich sind dies Drahtlitzen, was auch *Scharîṭ* allein bedeutet.

Scharrâba, Kordeln; diese werden aus Seide hergestellt.

Chaiṭ, Faden.

Ḥabl, Seil. Die Seile werden für die Verwendung in den Uhren besonders hergestellt. Man macht sie aus allerbestem Hanf (*Qinnab*). Meist sind es sechsfache Seile, nur ganz vereinzelt kommt ein dickeres vor.

Ehe man die Seile in Gebrauch nimmt, hängt man sie auf und befestigt unten an ihnen ein möglichst grofses Gewicht, oder zieht sie mit den Händen, damit sie sich strecken und keine Knickungen und Ausbuchtungen zeigen.

Während der Benutzung können aber trotzdem die Seile sich strecken und länger werden. Um ihre konstante Länge zu prüfen, macht man auf ihnen ein Zeichen *a* mit Tinte (*Midâd*), dabei sind sie um die sie tragende und sich drehende Scheibe gelegt. Ebenso macht man ein Zeichen *b* auf einem festen Teil, gegenüber von *a*. Liegt an einem der folgenden Tage zu derselben Zeit das Zeichen *a* nicht gegenüber dem Zeichen *b*, so kann sich das Seil verlängert haben, dann verkürzt man es. Es kann aber auch mit Wasser in Berührung gekommen und dadurch verkürzt worden sein, dann bringt man es durch Strecken auf die ursprüngliche Länge. Verschlingen

sich die Seile, so legt man sie auseinander. Ist das Seil rauh und kann es sich daher nicht schnell drehen, so mufs man es gut mit Seife (*Ṣâbûn*) einreiben und dadurch glatt machen, und zwar nimmt man soviel Seife, dafs sie von einem Tage zum andern nicht verbraucht ist.

Die Seile usw. werden über Rollen (*Bakra*) geführt oder an Scheiben (*Qurṣ*) befestigt. Manchmal sind zwei Rollen neben einander aufgestellt, dann heifsen sie verheiratet. Wo Seile um Ecken gehen, werden sie über Rollen geführt.

Lange horizontale oder schwach geneigte Seilzüge läfst man mitunter nicht frei durch die Luft laufen, sondern führt sie auf besonderen Bahnen.

In die Rollen und Scheiben werden Rillen gemacht, die bei *Gazarî Nahr* (Kanal oder Flufs), bei *Riḍwân Chazz* (Einkerbung) heifsen. Diese Rillen müssen tief sein, damit Seile und Schnüre nicht aus ihnen heraustreten können, das gilt besonders für horizontale Rollen. Die Rillen müssen möglichst glatt sein, damit die Seile gut gleiten. Die Rollen drehen sich entweder um eine feststehende Achse (*Miḥwar*), die häufig Nagel heifst und an einem oder an beiden Enden festgemacht ist, oder die Achse ist mit der Rolle fest verbunden und dreht sich dann in Lagern; in diesem Fall heifst besonders bei grofsen Scheiben die Achse auch *Quṭb* (Pol). Die Achse, um die sich die Rolle dreht, der Nagel, darf nicht zu dick sein und mufs glatt sein; sie befindet sich in einer Gabel, diese heifst *Bait*, wörtlich Haus, oder auch *Ḍabba*, das sonst den äufseren Teil eines Scharniers bedeutet.

Die Lager für die Achse heifsen u. a. *Charaza*, wörtlich kleine Muschel. Das Lager für eine stehende Achse heifst auch *Sukurruga*, d. h. Teller. Staub, Holz usw., die zwischen die Rolle und ihre Gabel gefallen sind, sind zu entfernen, wie *Riḍwân* hervorhebt.

Betont wird, dafs man die Rollen und Räder aus gutem, altem, hartem Holz der Steineiche (*Sindijân*) anfertigen mufs. *Riḍwân* hebt hervor, dafs Räder und Scheiben nicht aus schwerem und grünem Holz gemacht werden dürfen, sondern dafs man Holz nehmen mufs, das gut ausgetrocknet ist, das leicht und alt ist, da sonst die Räder schwinden und ihr Umfang kleiner wird.

Sind zwei verschieden grofse Räder auf derselben Achse befestigt, so wird nicht etwa das eine auf das andere aufgeleimt, sondern das grofse

bildet einen Radkranz, der durch dünne Bretter mit dem inneren verbunden ist; die letzteren sind unter einander kreuzweise versteift.

Zum Verbinden von Brettern usw. dienen aufser durchgesteckten Stiften Nägel; Schrauben habe ich nicht erwähnt gefunden. Die Bretter werden auch sorgfältig verfugt, wie wir dies an zahlreichen erhaltenen Gegenständen sehen. Sie werden bei Rädern (s. oben) auch kreuzweise verbunden (*ṣalab* II. Form), wobei man dem ganzen eine schöne Gestalt zu geben bestrebt ist.

Zum Verbinden zweier gegeneinander drehbarer Stücke dienen Scharniere oder Gelenke, *Ḍabba* oder *Narmâdag*. Achsen, Stifte usw. werden dadurch festgehalten, dafs man in der Nähe ihres Endes einen Spalt oder Schlitz macht und in diesen einen Splint oder Vorreiber steckt. Letzterer heifst *Faras*, Pferd, da man ihm bei Astrolabien diese Gestalt gibt (Fig. 13 nach einem Manuskript von *Bîrûnî*. Beiträge XVIII, S. 37). In manchen Fällen wird noch eine Unterlagscheibe (*Fals*) zwischengelegt. So steht in der Fig. 13 bei *a* „die Achse“, bei *b* „*Faras*“, bei *c* „*Fals*“.

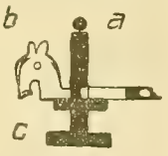


Fig. 13.

Gold wird bei den Uhren sehr viel benutzt. Einmal um einzelne Teile gegen das Verderben zu schützen. *Riḍwân* vergoldet die Bahn des Schlittens, damit sie glatt bleibt. Vor allem dient das Gold aber dekorativen Zwecken (s. Schlufs von Abschnitt III bei *Riḍwân*), so werden die Platten, die Nagelköpfe vergoldet. Dabei mufs die Vergoldung stark sein. *Riḍwân* sagt: Aufpassen mufs man, dafs man bei dem Gold nicht übervorteilt wird, so dafs es nur schwach ist und sich nach kurzer Zeit ablöst, da dann die Stelle häfslich erscheint.

Am Schlufs des Abschnittes III behandelt *Riḍwân* sehr ausführlich die Verzierung der Uhr. Das Bemalen der Uhr mufs mehrmals hintereinander geschehen, damit die Farbe nicht abfällt. Vorschriften für das Bemalen gibt auch *Gazarî* am Ende der einzelnen Abschnitte.

Unbemalte Messingteile werden blank geputzt und mit Sandarachöl eingerieben, das man in der Sonne auftrocknen läfst.

Zu gewissen dekorativen Zwecken wird Lapis Lazuli benutzt.

Kreisrunde Platten aus Metall werden mit dem Zirkel (*Birkâr*) ausgeschnitten, wörtlich ausgegraben (*ḥafar*). Man befestigt dann an

dem Zirkel kleine kegelförmige (*ṣanaubarî*) Stifte (*Schachs*) aus Stahl, schleift ihr Ende an und härtet sie, „bis sie alles schneiden, worüber sie sich hinbewegen“ (vgl. E. Wiedemann, Zschr. f. Vermessungswesen, 1910, S. 6).

Löcher in Onyx und Karneol erweitert man mit einem dünnen Eisendraht, auf den man Öl und zerriebenen Schmirgel gebracht hat; solche in Gold und Kupfer mit einer dünnen viereckigen Reibahle (*Miṭqab*).

Löten. Man kannte das Weich- und das Hartlöten, d. h. das Löten im Feuer. *Riḍwân* benutzt für „Löten“ das Verbum *lahiq*, *Gazarî lasiq*, beides heifst verbinden und wird auch für Leimen benutzt.

Das Weichlöten geschieht mit Blei und Kolophonium; man gieſst dann noch Blei darauf. Statt dieses bequemen Verfahrens hat man auch viel hart gelötet. *Riḍwân* betont ausdrücklich, dafs das im Feuer gelötete zuverlässigeren Widerstand leistet. Er beobachtet, dafs andere Lötstellen und diejenigen, auf die Blei gegossen ist, im Laufe der Zeit sich im Wasser in Asche verwandeln und sich öffnen. Man mufs daher an diesen Stellen viel Blei verwenden, das auf die Lötstellen gegossen wird. Kann man etwas nicht im Feuer löten, so pafst man einen Teil auf den anderen und gieſst Blei dazwischen. Kupfer- oder Messingplatten, die mit Wasser in Berührung kommen, überzieht man mit einer dicken Zinnschicht. *Gazarî* spricht von verzinntem (*murassas*) Messing, während *Riḍwân* sagt, man macht sie sorgfältig mit einer dicken Zinnschicht (*Ânuk*) weifs. Das Verzinnen mufs sorgfältig geschehen, damit keine unbedeckte Stelle vorhanden ist, die der Rost zerfressen kann.

Die bei den Apparaten benutzten, vielfach sehr interessanten Konstruktionselemente, sowie die Art des technischen Zeichnens in muslimischen Werken wird Herr Dr. Hauser in einer besonderen Arbeit systematisch behandeln.

2. Gewichte und Mafse.

Von Gewichten und Mafsen kommt eine ganze Reihe vor. Da diese aber von Ort zu Ort wechseln, so kann nur deren angenäherte Gröfse, und oft nicht einmal diese angegeben werden. Eingehend sind diese Werte behandelt von H. Sauvaire (J. asiat. [8] Bd. 3, 4, 5, 7, 8. 1884—86).

Gewichte: 1 *Dirham* = 3 gr, 1 *Miṯqâl* = 4,5 gr, 1 *Ûqîja* (in Syrien) = 150 gr, 1 *Raṭl* (von Damaskus) = 1850 gr, 1 *Mann* = rund 1 kg.

Längenmafse (zu dem Wert der Elle vgl. E. Nallino: Il valore metrico usw. Cosmos di Guido Cora, Bd. 9, 1892/93):

1 Elle (*Ḏirâʿ*) = $^1/_2$ Meter.

1 Spanne (*Schibr*) = $^1/_2$ Elle = 25 cm. — Die Spanne ist der Abstand zwischen auseinandergespreiztem Daumen und kleinem Finger. Wir kürzen sie mit Sp. ab.

Die Spanne (*Schibr*) besteht aus 12 nebeneinandergelegten Fingern (*Aṣbaʿ maḍmûm*). Jeder von diesen ist also etwa 2 cm lang. Wir kürzen diese mit F. ab. Dies entspricht der Breite des Fingers.

Neben dem aneinandergelegten Finger kommt noch der geöffnete Finger (*Aṣbaʿ maftûḥ*) vor, der etwa 4 cm lang ist.

(*Riḍwân* gibt nämlich von einem Hohlmafs *Kail* an, dafs er vier geöffnete Finger, d. h. $^2/_3$ Spanne habe.)

Wenn nicht besonders der „geöffnete Finger“ genannt ist, so ist stets der aneinandergelegte gemeint.

Das Gerstenkorn (*Schaʿîra*): dabei gehen auf 1 F. 6 Gerstenkörner, die jeweilig Rücken an Bauch gelegt sind. Es ist also 1 Gerstenkorn etwa $^1/_3$ cm.

Die kleine Spanne (*Fitr*) ist der Abstand zwischen gespreitztem Daumen und Zeigefinger.

Erwähnt wird noch bei *Riḍwân* der Finger der Hand, *Aṣbaʿ al Jad*, entsprechend der Elle der Hand, *Ḏirâʿ al Jad*, die sich bei *Châzinî* findet. Diese Elle ist die gewöhnliche (*al ʿâmma*) oder die der richtigen Hand (*al Jad al ʿâdila*) zu 24 Fingern (vgl. E. Nallino, Il valore metrico usw. Cosmos di Guido Cora, Bd. 9, S. 25, 1892/93).

Auch ein *Schibr muʿtadil*, eine mittlere Spanne und ein *Schibr maftûḥ*, eine geöffnete Spanne, kommen vor, ohne dafs sich darüber nähere Angaben finden.

Die Mafse, die *Riḍwân* benutzt, sind ziemlich willkürlich. Er sagt selbst, dafs er seine eigene Spanne, die eine mittlere (*muʿtadil*) Spanne ist, benutzt habe, und dafs seine Finger dick seien.

Aufserdem benutzt er noch als Mafs das Fingerglied (*ʿAqd*), von dem besonders das Daumenglied erwähnt wird; dieses dürfte etwa $3^1/_2$ cm lang sein. Es gehört in ein Mafssystem Elle, Spanne, Fingerlänge, Fingerglied.

Von *Gazarî* wird auch als Mafs die Nagelbreite (*Ẓufr*) benutzt.

3. Leben von *Gazarî* und Allgemeines über sein Werk.

Unter den Werken auf technischem Gebiet nimmt, wenn wir von den astronomischen absehen, dasjenige von *Gazarî* eine ganz hervorragende Stellung ein. Der Reichtum seines Inhaltes geht aus der unten mitgeteilten Übersicht hervor; es umfafst eine weit gröfsere Anzahl von Problemen, als das der *Benû Mûsâ*. An dieser Stelle soll nur das Stück, das sich auf die Uhren bezieht, mitgeteilt werden. Die von C. de Vaux beabsichtigte Ausgabe des ganzen Werkes hat dieser, wie er mir mitteilt, leider aufgeben müssen.

Von *Gazarîs* Leben wissen wir nur das, was er uns selbst in der Einleitung seines Werkes erzählt, nämlich dafs er seit dem Jahre 577 (1181/82) bis zur Abfassung seines Werkes im Jahre 602 (1206) fünfundzwanzig Jahre im Dienst der Urtuqiden in *Dijâr Bekr* gestanden hat; zuletzt in demjenigen von *al Malik al Ṣâliḥ Nâṣir al Dîn Abu'l Fatḥ Maḥmûd Ibn Muḥammed Ibn Qurâ Arslân Ibn Dawûd Ibn Sukmân Ibn Urtuq.*[1]) Dieser regierte von 597—619 (1200—1222). Vorher stand er im Dienst von dessen Bruder und Vater; der Bruder mit Namen *Quṭb al Dîn Sukmân II* regierte von 581—597 (1185—1200); der Vater *Nûr al Dîn Muḥammed*[2]) von 570—581 (1174—1185). Die Urtuqiden herrschten in *Kajfâ*, *Mâridîn* und *Dijâr Bekr*. *Âmid*, die Hauptstadt von *Dijâr Bekr*, liegt am Tigris, da, wo dieser von seiner NS-Richtung scharf nach Osten umbiegt. Während *Gazarî* in der Einleitung von *Dijâr Bekr* spricht, erwähnt er in Gattung VI eine Türe in *Âmid*. *Al Malik al Ṣâliḥ* hat *Gazarí* zu der Abfassung seines Buches veranlafst; später wird noch erwähnt, dafs er die Herstellung einer Reiseuhr angeregt habe. Sein Name kommt ferner auf einigen Bildern, aber nicht auf solchen im Abschnitt über die Uhren, vor.[3])

---

[1]) Zu den Urtuqiden vgl. Lane Poole, The Muhammedan Dynasties, 166—169.

[2]) In einem im Besitz von Dr. M. van Berchem befindlichen Manuskript findet sich auch eine Inschrift mit dem Namen von *Nûr al Dîn Muḥammed*.

[3]) Mit einigen vereinzelten Blättern der Konstantinopolitaner Handschrift (s. w. u.) hat sich Herr Blochet (Revue archéologique (4), Bd. 9, S. 193, 1907) in einem sehr interessanten Aufsatz beschäftigt. Da es sich auf diesen um Kunststücke mit Wasser, Bechern, die sich füllen usw., handelt, vermutete er, dafs es Stücke einer Übersetzung der Pneumatik des Philon von Byzanz seien; da die Figuren und die Textstücke aber mit solchen in den *Gazarî*-Handschriften übereinstimmen, so sind sie diesem Techniker zuzuschreiben; auch

Mit den Urtuqiden und den von ihnen herstammenden Kunstwerken und Bauten, z. B. in dem uns besonders interessierenden *Âmid* hat sich M. van Berchem eingehend beschäftigt. Dabei finden auch die im Besitz von Martin befindlichen Photographien eine ausführliche Besprechung (vgl. M. van Berchem und J. Strygowski, Amida, S. 74, Heidelberg 1910).

Das Werk von *Gazarî* heifst nach den Handschriften *Kitâb fî Maʿrifat al Ḥijal al handasîja*, d. h. Werk über die Kenntnis der geometrischen sinnreichen (mechanischen) Anordnungen, und ist nach den Angaben geschrieben von *Abu'l ʿIzz Ismaʿîl Ibn al Razzâz* (Sohn des Reishändlers) *al Gazarî* (der Mesopotamier) *Badîʿ al Zamân* (der Unvergleichliche der Zeit).

---

finden sie sich nicht in der von Baron Carra de Vaux publizierten arabischen Philonübersetzung. Nach der Art der Zeichnung verlegt Blochet diese nach Ägypten; aus dem Text selbst wissen wir, dafs sie in *Âmid*, aus dem sogar eine Türe beschrieben ist, stammen. Indes dürfte die Art der Zeichnung über das weite muslimische Reich hin an den verschiedenen Orten nicht gar zu verschieden gewesen sein. Durch die Angaben von *Gazarî*, dafs er das Werk für den Sultan *al Malik al Ṣâliḥ Nâṣir al Dîn* geschrieben habe, ergibt sich wohl auch, dafs die auf zwei Kuppeln angegebenen Namen *al Malik al Ṣâliḥ al Dunjâ wa'l Dîn* sich auf diesen Fürsten beziehen. Herr Blochet hält daran fest, dafs der Name sich auf *al Malik al Ṣâlih Ṣalâḥ al Dîn*, einen ägyptischen Sultan, in der Mitte des XIV. Jahrhunderts, bezieht. Aus dem auf einem Bilde vorhandenen „Adler" hat Blochet Schlüsse zu ziehen gesucht; es handelt sich aber hier um einen Falken, wie bei der Uhr von *Riḍwân*. Daraus, dafs *Gazarî* ein Musikkorps in *Âmid* auftreten läfst, ersehen wir, dafs solche ebensogut am Hofe der Urtuqiden sich fanden, wie an demjenigen der Ajjubiden und Mameluken, für die sie Blochet belegt hat. Einige Blätter hat F. R. Martin in seinem hochbedeutenden Werk „The miniature painting and painters of Persia, India and Turkey", London 1912, veröffentlicht und besprochen. Nach ihm soll das Werk für den Urtuqiden *Nûr al Dîn Muḥammed* verfafst sein, unter dessen Herrschaft eine berühmte Schale hergestellt wurde, die sich im Ferdinandeum zu Innsbruck befindet. Der Text lehrt aber, dafs es für *Ṣâliḥ Nâṣir al Dîn* geschrieben wurde. Daraus, dafs auf einem Bilde der Name *Ṣalâḥ al Dîn* vorkommt, vermutet weiter Martin, dafs die an einem Fenster sitzende Gestalt — er glaubt sie sitze auf einem Thron — der grofse *Saladîn* gewesen sei. Auf der Tafel A gibt er die Gestalt in Farben wieder. Aus dem Text ersehen wir, dafs es sich um einen Automaten handelt, der sich um eine horizontale Achse dreht. Jedenfalls stellt das Bild, wie mir Herr Dr. Martin schriftlich betont, ein Porträt dar. Ferner sei bemerkt, dafs auf Tafel 4 bei Martin es sich um vier Pfauen handelt (s. eine spätere Figur unserer Arbeit). Über die Datierung der Bilder hat sich eine Kontroverse erhoben, indem sie von Martin in eine frühere Zeit als von Basset verlegt werden; dieser hat seine Gründe in einer Besprechung des Martinschen Werkes von Cl. Anet (Burlington Magazine, Bd. 23 S. 49, 1913) entwickelt. Ein Eingehen in die Stilfragen und die Datierung der Handschriften mufs ich mir als Nicht-Arabisten versagen.

Die Oxforder Handschrift (Grav. 27) gibt dem Werk den Titel: *Al Gâmiʿ bain al ʿIlm wa'l ʿAml al nâfiʿ fi Ṣinâʿat al Ḥijal*, d. h. das Werk, das Wissenschaft und Anwendung vereint und das in der Kunst der sinnreichen Anordnungen nützlich ist, von dem hochgelehrten *ʿAllâma Badîʿ al Zamân Abu'l ʿIzz Ismaʿîl Ibn al Razzâz al Gazarî*.

Die Buchstaben des Titelblattes sind reich verziert, der Titel selbst steht in einem horizontalen Streifen, der Name in einem Kreis.

H. Chalfa (Bd. 5 S. 48) nennt es: Werk über die pneumatischen Instrumente (*Kitâb al Alât al ruḥanîja*); den Namen des Verfassers gibt er ebenso an; nur steht statt „*Abu'l ʿIzz*" „*Abu'l ʿAzîz*" (d. h. statt „Vater der Macht" „Vater des Mächtigen").

al Akfânî (vgl. Beiträge V, S. 424) erwähnt bei der Besprechung der Wissenschaft von den pneumatischen Maschinen das ausführliche Werk von *Badîʿ al Gazarî* und ebenso *H. Chalfa*, Bd. 1 S. 400 bei der gleichen Gelegenheit.

Das Werk ist im Jahre 602 d. H. und zwar am 16. Januar 1206 vollendet, doch sind einzelne Apparate schon früher unter *Nûr al Dîn Muḥammed* (1174—1185) hergestellt worden, da sich dessen Name auf einer Hauptfigur findet.

Das Buch zerfällt in sechs Gattungen (*Nauʿ*), in denen mit Ausnahme der sechsten jeweilig zusammengehörige Gegenstände behandelt werden. Jede Gattung ist wieder nach den Hauptabbildungen in einzelne Figuren eingeteilt; im Ganzen sind es deren fünfzig. Jede Figur (*Schakl*) oder, wie wir übersetzen wollen, jedes Kapitel besteht aus Abschnitten.

Die einzelnen Gattungen sind:

1. Über die Konstruktion der Uhren, durch die man den Ablauf der gleichmäfsigen und zeitlichen Stunden kennen lernt (10 Kapitel) (diesen Teil enthält die vorliegende Arbeit);

2. Über die Konstruktion von Gefäfsen und Gestalten, die bei Trinkgelagen passende Verwendung finden (10 Kapitel);

3. Über die Konstruktion der Krüge und Tassen zum Aderlassen und zur Waschung (10 Kapitel);

4. Über die Konstruktion der Springbrunnen in Teichen, die ihre Gestalt wechseln, und über die immerwährenden Flöten (10 Kapitel). (Den

ersten Teil habe ich in den Berichten der Wetterauischen Gesellschaft 1908, den Rest in der Amarifestschrift 1909 veröffentlicht);

5. Über die Konstruktion der Instrumente, die Wasser aus Wassermassen, die nicht tief sind, und aus einem fliefsenden Flufs[1]) emporheben (5 Kapitel);

6. Über die Konstruktion verschiedener Gegenstände, die untereinander nicht ähnlich sind (5 Kapitel).

Die letzte Gattung, die heterogene Gegenstände umfafst, enthält folgende Abschnitte:

1. Über die Herstellung einer Türe aus gegossenem Messing, am Haus des Königs in *Âmid.*[2])
2. Über ein Instrument, mit dem man einen Kreis durch drei Punkte auf einer Kugeloberfläche oder Ebene zeichnen kann und das zum Konstruieren von spitzen und stumpfen Winkeln dient (s. E. Wiedemann, Z. S. für Vermessungswesen 1910 S. 8.)
3. Über ein Schlofs mit 12 Buchstaben zum Verschliefsen eines Kastens.
4. Über vier Futterale auf dem Rücken einer Türe.
5. Über eine Kahnuhr (ist in der vorliegenden Arbeit behandelt).

Nach *H. Chalfa* (Bd. 5 S. 48) ist der Inhalt des ganzen Werkes: 1. Über die Uhren; 2. Über die wunderbaren Gefäfse; 3. Über die flötenden Instrumente; 4. Über die Instrumente, die dazu dienen, Wasser aus tiefen Orten heraufzuholen; 5. Über Krüge und Becken; 6. Über einige Gestalten und Figuren.

Wie man sieht, ist die Reihenfolge, die hier angegeben ist, eine andere als in den Handschriften. Vielleicht hat *H. Chalfa* eine andere Redaktion des Werkes vorgelegen. Wesentlich weicht der Titel des fünften Kapitels bei *Gazarî* selbst und des vierten bei *H. Chalfa* voneinander ab.

Die Darstellung ist in dem Werk sehr klar und übersichtlich, und dadurch sind Rekonstruktionen erleichtert. Man hat stets das Empfinden, dafs eine ganz mit ihrem Gegenstand verwachsene Persönlichkeit zu uns spricht, ganz anders als bei *Ridwân.* Dabei wurde von *Gazârî* vor allem das Wesentliche behandelt und Einzelheiten fortgelassen; auch

---

[1]) So heifst der Titel in der allgemeinen Inhaltsangabe. Der Gattung selbst wird dann der Titel gegeben: Über die Instrumente, die Wasser aus grofsen Wassermassen emporheben, dann aus Brunnen, die nicht tief sind, und aus einem fliefsenden Flufs.

[2]) Über der Türe steht: Die Herrschaft ist Gottes, des Einzigen, des Bezwingers (*Qahhâr*).

hat er, wie er im Schlusse angibt, aufser den beschriebenen Vorrichtungen noch zahlreiche andere konstruiert. Dafs er bestrebt war, die zu einer Zeit hergestellten Anordnungen später zu vervollkommnen, ergibt sich aus Angaben, die er selbst macht.

Gazarî hat sein Buch mit zahlreichen schönen Abbildungen ausgestattet, teils solchen, die die einzelnen Apparate in ihrer Gesamtansicht zeigen, teils solchen, die die Konstruktions-Einzelheiten erläutern.

Die Abbildungen waren ursprünglich farbig; die Farben finden sich z. B. in der Leidner Handschrift 1025, in der Oxforder Ms. Grav. 27 sowie in der Konstantinopolitaner, während die Leidner Handschrift 1026 nur an manchen Stellen angibt „grün“ usw. — Die Abbildungen stimmen in ihren Umrissen usw. in den verschiedenen Handschriften so genau überein, dafs sie sicher denen im ursprünglichen Text sehr ähnlich sind.

Statt der Buchstaben hat *Gazarî* in den Figuren besondere Zeichen (Fig. 14) eingeführt, die sich in allen älteren Handschriften finden.

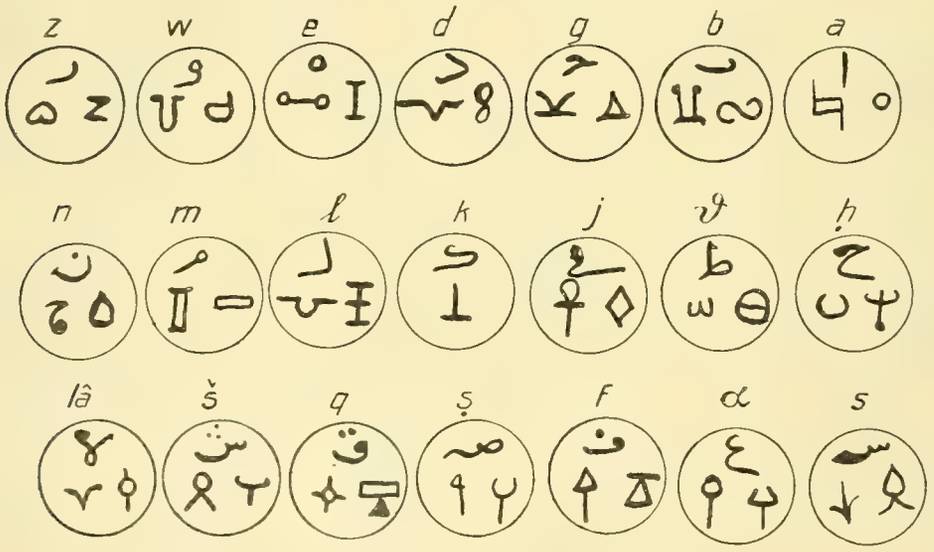


Fig. 14.

In der Oxforder Handschrift Ms. Grav. 27 heifst es:

„In diesem Werk sind 21 Buchstaben des gewöhnlichen Alphabetes benutzt. In jedem Kreis sind zwei Figuren unter dem Buchstaben des Alphabetes, nach Mafsgabe der Verschiedenheit der Abschriften.“

Am Schlusse der Leidner Handschrift, Nr. 1025, heifst es hierzu:

„Das Folgende sind die Buchstaben, die der Verfasser des Werkes an Stelle der Buchstaben des gewöhnlichen Alphabetes setzte; es sind 21 Buchstaben.“ (Nun folgt fast ganz genau die Figur wie oben, nur sind die Kreise fortgelassen).

„Der Verfasser setzte diese Buchstaben (Zeichen) in Kreise und zwar jeden Buchstaben mit dem ihn ersetzenden[1]) in einen Kreis. Ich gebe die Buchstaben hier wieder und zwar der Schnelligkeit (Bequemlichkeit) wegen“.

Über die Buchstaben des gewöhnlichen Alphabets ist zunächst zu bemerken, dafs sie in der Reihenfolge ihrer Zahlenwerte angeordnet sind: 1, 2 bis 10, 20 bis 100; auf 100 folgt 300. Der arabische Buchstabe *r* für 200 ist fortgelassen, da er sich von demjenigen für 7, dem *z*, nur durch einen Punkt unterscheidet. Das letzte Zeichen *lâ* hat keinen Zahlenwert.

Auf den Figuren finden sich für einen Buchstaben stets zwei der oben angegebenen Zeichen, aber nie so zusammengestellt, wie es nach der Tabelle sein müfste. Eine Vergleichung der Zeichen in den Figuren der Leidner Handschrift 1025 und der Buchstaben im Text, bezw. der Buchstaben in der Oxforder Handschrift, lehrt, dafs eines der beiden Zeichen stets dem betreffenden Buchstaben entspricht, während das andere in mannigfacher Weise wechselt.

Die Zeichen finden sich auf den Blättern, die aus der Bibliothek der Hagia Sofia stammen, in der Leidner Handschrift 1025 und zum Teil in dem Manuskript Frazer in Oxford. Gewöhnliche Buchstaben benutzt die Oxforder Handschrift M. S. Grav. 27 und die aus ihr abgeschriebene Leidner 1026.

Blochet a. a. O. sieht in den obigen Zeichen umgewandelte ägyptische Hieroglyphen.[2]) *Gazarî* selbst macht die Angabe, dafs die verschiedenen Nationen besondere technische Ausdrücke haben, die ihnen geläufig sind; daher ist es sehr wohl möglich, dafs man es hier mit einer Art Geheimschrift zu tun hat. Dafür spricht auch, dafs die die Zeichen ersetzenden Buchstaben nach dem Zahlenwert geordnet sind.

Jedes Kapitel beginnt bei den Uhren mit der Beschreibung des Äufseren der Vorrichtung und hierauf wird dargelegt, wie die ganze Sache sich im Laufe der Zeit abspielt (*Maʿna*), d. h. ihr Funktionieren wird geschildert.

---

[1]) In der Zusammenstellung sind jedem Buchstaben zwei Zeichen zugeordnet.

[2]) Von mir befreundeter, sachverständiger Seite ist die Ansicht ausgesprochen worden, dafs es sich höchstens um Anklänge an Hieroglyphen handeln kann.

Dann werden alle Einzelheiten eingehend beschrieben und ebenso, wie die Einzelteile ineinander greifen. Dabei kommen mancherlei Wiederholungen vor. Nur in ganz wenigen Fällen fehlen genauere Angaben.

Gazarî hat bei der Konstruktion seiner Apparate sich auf die Arbeiten früherer Gelehrten gestützt; dies geht z. B. aus einer Stelle am Anfang der vierten Gattung hervor, wo er sagt, dafs er bei den Gefäfsen, die in bestimmten Zeiten ihre Lage wechseln, und bei der Konstruktion der nie aufhörenden Flöte nicht den *Benû Mûsâ* gefolgt sei. Ebenso hat er natürlich seine Angaben über die Uhr des Archimedes anderen entnommen. Umgekehrt betont er, dafs er das Kippgefäfs und zahlreiche andere Vorrichtungen selbst ersonnen und ausgeführt habe.

Interessant ist, dafs nicht nur *Gazarî* sich auf die *Benû Mûsâ* stützte. *Ibn Abî Uṣaibi'a* (Bd. 2 S. 220) berichtet z. B., dafs der Arzt *Sadîd al Dîn Ibn Raqîqa* (1168/69—1237/38) sich mit der Astronomie und dem Studium der Mechanik (*Ḥijal*, mechanische Kunststücke usw.) der *Benû Mûsâ*[1]) beschäftigte und auf Grund dieser neue Dinge herstellte.

Dafs *Gazarî* aufser den in seinem Werk angegebenen Konstruktionen noch zahlreiche andere ausgeführt hat, ergibt sich aus dem Schlusse, wo er sagt:

„In den obigen fünfzig Kapiteln habe ich die Prinzipien zahlreicher zu ihnen gehöriger Einzelgebiete behandelt, sowie deren grofsen Nutzen. Prüft man die Beschreibungen, so ergeben sich noch mehrfach andere Konstruktionen; dabei habe ich nicht die zahlreichen schwerverständlichen Anordnungen erwähnt, die ich erfunden habe, aus Scheu vor dem, was dunkel und verworren ist. In dem, was ich angegeben habe, findet der, der sich unterrichten will, genug, und der, der nach mehr verlangt, hat davon Gewinn."

Das Werk war, wie die vielen Handschriften zeigen, sehr verbreitet und vor allem müssen vornehme Leute Interesse an ihm gehabt haben, wie die sorgfältige Ausführung der Zeichnungen in mehreren Manuskripten lehrt.

[1]) Die *Benû Mûsâ*, d. h. die Söhne des *Mûsâ*, lebten um 850 und haben sich auf den verschiedensten Gebieten der reinen und angewandten Mathematik, sowie der Astronomie betätigt.

Auch in das Persische ist das Buch übersetzt worden (Paris 1145 und 1145a).

Von einer türkischen Übersetzung für den Sultan *Selim Chân* (*Selim I.*, 1512—1520 oder *Selim II.*, 1566—1574) berichtet *H. Chalfa* Bd. 5, S. 48.

4. Handschriften.

Von Handschriften des Werkes von *Gazarî* sind mir die folgenden bekannt:

In Oxford sind zwei Handschriften vorhanden.

M. S. Grav. 27 (Katalog von Uri, Bd. 1 Nr. 886 und Bd. 2 S. 599.)

Die Handschrift ist sehr gut geschrieben, nur hier und da finden sich Fehler. Die Figuren sind mit wenigen Ausnahmen sehr gut gezeichnet. Die Buchstaben an den Figuren sind dem gewöhnlichen Alphabet entnommen.

Die Handschrift schliefst mit den Worten:

„Dies herrliche Werk [d. h. dessen Abschrift], das Wissenschaft und Praxis vereint (s. oben), das bei der Kunst der mechanischen Kunststücke (*Ḥijal*) von Nutzen ist, das zugeschrieben wird *Badîʿ al Zamân* (dem Herrlichen der Zeit) *Abu'l ʿIzz Ismaʿîl Ibn al Razzâz al Gazarî*, mit dem Segen und der herrlichen Leitung Gottes wurde beendigt zur Zeit des ersten Mittagsgebetes (*Ẓuhr*) des gesegneten Sonntags, des 28. Tages des trefflichen *Ṣafar*, eines der Monate des arabischen Jahres 891 (5. März 1486). Datiert ist die Handschrift, von der ich abgeschrieben habe, vom 26. des vierten des Jahres 742 der *Higra* (9. Okt. 1341).[1] Später wurde noch Ähnliches geschrieben (d. h. es wurden Abschriften gemacht). Die vorliegende Abschrift ist nach dem Original des Verfassers hergestellt in Bezug auf die Buchstaben und die diese vertretenden Zeichen, weiter die Zeichnungen der Figuren und zwar sowohl dessen, was er mit dem Lineal usw. (*bi Ḍabtihi*), als auch dessen, was er mit freier Hand (*bi Chaṭṭihi*) zeichnete. Er hatte sein Werk vollendet am vierten des zweiten *Gumâdâ* 602 (16. Januar 1206). — Das Werk (d. h. die Abschrift) wurde vollendet durch die Hand des vor Gott elenden, *Muḥammed Ibn Muḥammed Abu'l Fatḥ ʿIsâ al Ṣûfî al Kutubî al Falakî* (Astronom), des Schafeiten, des Aegypters; Gott hat an ihm und den Muslimen Wohlgefallen, aufser den Bildern, die lebende Wesen darstellen. Ich verwandte auch keinen der rätselbaften Buchstaben, da sie in den Handschriften verschieden waren; ich habe sie auf die beabsichtigte Bedeutung zurückgeführt, indem ich sie in die gewöhnlichen arabischen Buchstaben umwandelte, da sie so der Allgemeinheit Nutzen bringen. Die Herrschaft ist Gottes. Amen."

---

[1]) Die Angaben der Daten sind eigentümlich gegeben. Zunächst ist die Wendung „arabisches" Jahr ungewöhnlich. Das zweite Datum ist geschrieben „Tag 4, 26", was wohl nur in der oben angegebenen Weise zu deuten ist.

Eine andere Handschrift in Oxford ist:

M. S. Frazer 186. Auch diese ist nach H. A. Cowley eine gute Handschrift, aber nicht so gut wie die vorige. Die Figuren sind ebenfalls gut gezeichnet. Die Buchstaben sind vielfach dem Geheimalphabet entnommen.

In Leiden sind zwei Handschriften (Nr. 1025 und 1026) vorhanden, die in dem betreffenden Katalog Bd. 3, S. 70—71 eingehend beschrieben werden.

Die Handschrift 1025 ist ziemlich alt; manche Teile sind gut, andere sehr schlecht geschrieben. Sie ist nicht immer leicht zu lesen und enthält manche Fehler; doch ist sie an manchen Stellen korrekter als die Oxforder M. S. Grav. 27. Die Figuren sind schlecht gezeichnet.

Die Handschrift ist nicht vollständig. Es heifst am Schlufs:

„Ich habe das 46. Kapitel, d. h. das erste Kapitel der sechsten Gattung fortgelassen; es behandelt die Herstellung einer Türe in der Stadt *Âmid*, da dieses von geringem Nutzen ist und der Verfasser bei seinen Ausführungen hierüber sehr ausführlich ist."

Nach dem Abschreiber fehlten in seiner Abschrift noch einige andere Kapitel und zwar das 45. Kapitel, d. h. das letzte der fünften Gattung und das 46. und 47. Kapitel, d. h. die beiden ersten der sechsten Gattung.

Die Handschrift 1026 ist eine Abschrift der Oxforder Handschrift M. S. Grav. 27. Da der Abschreiber einzelne Fehler in dieser verbessert hat, so war sie mir nicht ohne Nutzen. Die Figuren fehlen zum Teil. Die Buchstaben an ihnen sind dem gewöhnlichen Alphabet entnommen.

Am Schlufs der Leidner Handschrift (1026) heifst es:

„Dieses herrliche Werk, das Wissenschaft und Praxis vereint, das bei der Kunst der mechanischen Kunststücke von Nutzen ist, das zugeschrieben wird *Badî' al Zamân Abûl 'Izz Ismâ'îl al Razzâz al Gazarî*, wurde am 4. des zweiten *Gumâdâ* 606 geschrieben. — Es sagt mein Herr *Sajjidî al Scheich*, ich habe sie abgeschrieben von einer Abschrift des *Scheich Schams al Dîn Ibn Abu'l Fath al Ṣûfî* 891 (1486) (s. oben), und ich schrieb diese Abschrift ab von der erwähnten Abschrift von der Hand meines Herrn *(Sajjidî) al Scheich Muḥammed al Mahwarî* (?) im Jahre 969 (1561/62)." (*Mahwar* ist ein Name loci und bedeutet etwa einen Ort, an dem ein Flufs etwas fortgerissen hat.) — Wahrscheinlich sind die beiden erwähnten *Sajjidî al Scheich* die gleiche Person.

Handschriften sind weiter in:

Konstantinopel, H. Sophia Nr. 3606 (Bibl. math. [3], Bd. 1 S. 28, 1900). Sie ist nach C. de Vaux eines der schönsten arabischen Manu-

skripte, mit farbigen Figuren; ihm dürften die Blätter entstammen, die Blochet von Dr. Martin zur Einsicht erhielt (Revue archéol. [4], Bd. 9, S. 193, 1907). Diese Blätter waren auf der Orientalischen Ausstellung in München ausgestellt (s. oben). Herr Dr. Martin war so gütig, mir Photographien sämtlicher Blätter zur Ansicht zuzusenden.

London, Brit. Mus. Nr. 1661.

Die Pariser Handschrift (Katalog von de Slane, Nr. 2477) enthält den zweiten Teil des Werkes von *Gazarî*.

Eine Handschrift ist in Privatbesitz von Dr. Max van Berchem.

Zwei Handschriften der persischen Übersetzung des Werkes besitzt die Pariser Bibliothek (Fonds persan no. 1145, 1145 a).

Von den erwähnten Handschriften habe ich aus Oxford die Handschrift M. S. Grav. 27 benutzen können, von der Herr Cowley so gütig war, mir eine weifs-schwarze Photographie anfertigen zu lassen, sowie die beiden Leidner Texte; diese war Herr Dr. Juynboll so freundlich, mir hierher zu schicken.

IV.

Übersetzung des Werkes von *Gazarî.*

Einleitung.

Über die Kenntnis der geometrischen Kunststücke.

Ich[1]) richtete meine Aufmerksamkeit auf die Bücher der Alten und die praktischen Ausführungen (*Aʿmâl*) der Späteren, die sich mit Kunststücken (Mechanik) befassen, und zwar mit den Bewegungen, die den pneumatischen[2]) gleichen, ferner mit den Wasserinstrumenten, die für die gleichförmigen und zeitlichen Stunden hergestellt sind, ferner mit der Fortbewegung der Körper durch die Körper; dabei geht man von den Grundlagen der Naturwissenschaft aus. Weiter stellte ich Betrachtungen an über das Volle und Leere, die mit Ausführungen zusammenhängen, die auf Beweisen beruhen. Ich befafste mich lange mit dieser Kunst und stieg, während ich sie betrieb, von der Stufe eines, der sich nur über sie unterrichtet, empor zu derjenigen eines, der eigene Erfahrungen macht. Ich war so in dieser Kunst, wie einer, der von vorn anfängt und einer, der vorankommt; ich ging so voran, wie es ein Kundiger tut. Mich erfüllte in eifrigem Bemühen der Wunsch und der Gedanke, diese herrliche Kunst an den Tag zu bringen. Dabei ging ich zu Gebieten, die einer erhöhten Sorge bedürfen, um die herrlichen Arten der Wissenschaften zu erforschen, die das Interesse der Könige meiner Zeit und der Philosophen meiner Epoche bilden. In nächtlicher Arbeit ging ich in Eifer und Fleifs so weit wie möglich und verwandte in ausgiebigstem Mafse meine Anlagen und meinen Scharfsinn.

Ich hatte eine Klasse von Leuten gefunden, unter denen es keine Gelehrte gab, und die diesen vorhergingen. Diese gaben Abbildungen (*Schakl*, Vorlagen) und berichteten von ausgeführten Arbeiten; sie erforschten und prüften aber nicht das, womit sie sich befafsten als Ganzes. Jede praktische Wissenschaft wird aber nicht durch die Ausführung erprobt, denn letztere schwankt zwischen Fehlerhaftigkeit und Fehlerlosigkeit.[3]) Ich sammelte nun die Teile, die bei ihnen getrennt waren und löste die

[1]) Die Einleitung ist, wie sehr oft bei arabischen Werken, sehr schwülstig gehalten. Im Anfang sind die Lobpreisungen und Segenssprüche fortgelassen. Auch sonst sind mehrfach Auslassungen und Kürzungen vorgenommen.

[2]) Die pneumatischen (*rûḥânîja*) Wissenschaften entsprechen den von Heron und Philon in den *Πνευματικά* behandelten Gegenständen; die theoretische Grundlage bildet die Lehre vom Horror vacui.

[3]) Der Sinn ist der folgende: Die eben erwähnten Leute waren reine Praktiker; über die Grundlagen einer jeden Wissenschaft erhält man nur durch theoretische Betrachtungen Aufschlufs, da bei der praktischen Ausführung sich stets Fehler einschleichen.

Prinzipien von dem ab, was sie verwirklicht hatten. Ich kam dabei auf Gebiete, die keine Wege aufweisen, auf denen man leicht hinein- und herauskommt.

Ich stand in dem Dienst von *al Malik al Ṣâliḥ Nâṣir al Dîn Abu'l Fatḥ Maḥmûd Ibn Muḥammed Ibn Qarâ Arslân Ibn Dâwud Ibn Sukmân*, dem Urtuqiden, dem König von *Dijâr Bekr* und zwar nachdem ich vorher unter seinem Vater und Bruder gedient hatte. Seit meinem Eintritt in deren Dienste im Jahre 577 (1181/82) sind 25 Jahre verflossen.

Eines Tages brachte ich dem *Malik al Ṣâliḥ* einen Gegenstand, dessen Anfertigung er mir aufgetragen hatte. Er sah mich an und dachte über das Werk meiner Mühe nach; er erkannte es, ohne dafs ich es merkte und traf das, wohin ich geschossen hatte, und enthüllte dadurch, was ich verborgen hatte. Er sagte:

„Du hast Gebilde ohne Gleichen geschaffen und sie aus dem Vermögen (potentia, Idee) in die Tat umgesetzt, so dafs Deine Mühe an sie nicht verschwendet ist, und Du hast getrennte Dinge verbunden. Ich wünsche, dafs Du mir in einem wohl geordneten Werke das behandelst, mit dessen körperlicher Darstellung Du Dich befafst hast."

Da ich nicht umhin konnte, zu gehorchen,[1]) so habe ich meine volle Kraft darauf verwendet und dieses Buch verfafst. Sein Inhalt stellt eine Propädeutik (*Muqaddima*, Einführung in das Gebiet) dar, die 50 *Schakl*[2]) (Figuren, Propositionen) umfafst; ich habe sie in sechs Gattungen (*Nauʿ*) eingeteilt. Ich habe alles eingehend beschrieben und behandelt. Dabei benutzte ich einmal fremde[3]) (*ʿagam*) Ausdrücke, die die Früheren verwendet haben, und die dann ihre Nachfolger bis zum heutigen Tage anwenden, ferner Worte, wie sie die Jetztzeit verlangt. Die Leute einer jeden Zeit haben ihre besondere Sprache und jede Gruppe von Gelehrten hat ihre technischen Ausdrücke, die unter ihnen bekannt sind, sowie gemeinsame Bezeichnungen, mit denen sie vertraut sind. Für jedes *Schakl* habe ich eine Figur gezeichnet und habe auf sie zur Erläuterung durch Buchstaben hingewiesen. Statt dieser Buchstaben selbst habe ich aber auf der Figur andere Zeichen angebracht.

Erste Gattung. Über die Konstruktion der Wasseruhren (*Fînâkîn*), durch die man den Ablauf der gleichmäfsigen und zeitlichen Stunden kennen lernt, in 10 Kapiteln.

Zweite Gattung. Uber die Konstruktion von Gefäfsen und Gestalten, die bei Trinkgelagen passende Verwendung finden, in 10 Kapiteln.

Dritte Gattung. Über die Konstruktion der Krüge (*Ibrîq*) und Tassen (*Ṭass*) zum Aderlassen und zur Waschung, in 10 Kapiteln.

---

[1]) Wie dies Werk von *Gazarî* durch den Wunsch eines Fürsten veranlafst worden ist, so verdankt auch das von *Riḍwân* der Anregung eines Hochstehenden seine Entstehung.

[2]) *Schakl* bedeutet ursprünglich Figur und wird dann, wohl im Anschlufs an die Einteilung der Elemente von Euklid in Propositionen, allgemein für Proposition oder Unterabteilung verwendet. In unserem Werke behandelt jedes *Schakl* eine besondere Anordnung, im ersten Gebiet also eine besondere Uhr. Wir übersetzen es mit „Kapitel".

[3]) Es kommen in der Tat manche persische usw. Worte vor. Darauf, dafs spezielle technische Ausdrücke in den verschiedenen Gebieten benutzt werden, weisen verschiedene Schriftsteller hin und geben genau an, wie sich die Bedeutung als Terminus technicus von der gewöhnlichen unterscheidet. Eingehend hat dies z. B. *Jâqût* in seinem geographischen Wörterbuch für das Wort *Iqlîm* (Klima) getan.

Vierte Gattung. Über die Konstruktion von Springbrunnen in Teichen, die ihre Gestalt wechseln, und über die immerwährenden Flöten, in 10 Kapiteln.

Fünfte Gattung. Über die Konstruktion der Instrumente, die Wasser aus Wassermafsen, die nicht tief sind, und aus einem fliefsenden Flufs emporheben, in 5 Kapiteln.

Sechste Gattung. Über die Konstruktion verschiedener Gegenstände, die untereinander nicht ähnlich sind, in 5 Kapiteln.

Über die Herstellung der Wasseruhren, durch die man den Verlauf der gleichförmigen und zeitlichen Stunden vermittels des Wassers und des Wachses[1]) kennen lernt.

Erstes Kapitel.

Es handelt von der Wasseruhr, durch die man den Ablauf der zeitlichen Stunden durch das Wasser kennen lernt. Es ist in 10 Abschnitte geteilt.

Erster Abschnitt.

Er enthält die Vorbemerkung, deren man hier bedarf, daran schliefst sich die Beschreibung des Aussehens der Wasseruhr, aus der man den Ablauf der zeitlichen Stunden erfährt.

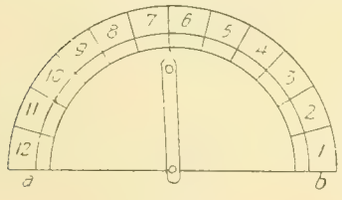


Fig. 15.

In den Feldern steht von *b* nach *a*: *1*) Steinbock; *2*) Wassermann (*Dâlî*); *3*) Fische; *4*) Widder; *5*) Stier; *6*) Zwillinge; *7*) Krebs; *8*) Löwe; *9*) Ähre (Jungfrau); *10*) Wage; *11*) Skorpion; *12*) Bogen (Schütze).

Ich folgte der Methode, die der treffliche Archimedes bei der Teilung der 12 Tierkreiszeichen auf einem Halbkreis angegeben hatte, über den man die Mündungsöffnung verschob; diese war durchbohrt und auf einer Vorrichtung befestigt und aus ihr flofs das Wasser aus. Dies ist die Grundlage, auf der sich die ganze Ausführung aufbaut, oder, was das Gleiche ist, man mufs einen solchen Ausflufs herstellen, dafs er eine Vermehrung und Verminderung zuläfst.

Archimedes nahm eine Messingplatte von beistehender Gestalt, sie bildet einen Halbkreis (Fig. 15). Ihr Umfang wird in 12 gleiche Teile geteilt und in jeden Teil der Name eines Tierkreiszeichens geschrieben. Das erste Zeichen ist der Steinbock, das letzte der Schütze.[2]) Obenan steht der Krebs. Den Durchmesser *a b* legte er parallel zum Horizont; dann erhob sich die Austrittsstelle des Wassers gegenüber dem Kreismittelpunkt hin zum obersten Teil der Konvexität in 180 Tagen und senkte sich

[1]) Es handelt sich also um Wasser- und Kerzenuhren.

[2]) Steinbock und Schütze stehen unten, weil bei ihnen die Tage am kürzesten sind, das Wasser also bei ihnen am schnellsten auslaufen mufs. Der Krebs mit dem längsten Tag steht aus einem entsprechenden Grunde oben.

in derselben Zeit wieder herab. Jedes Tierkreiszeichen war wiederum in gleiche Teile geteilt. Mit der Erhebung nimmt die Stärke des Ausflusses ab und mit dem Sinken nimmt sie zu. Fand bei Tag der Ausfluſs des Wassers an einem bestimmten Teil statt, so wurde er in der entsprechenden Nacht nach der gegenüberliegenden Stelle verlegt (d. h. nach dem Tierkreiszeichen, das auf dem Halbkreis um 90° von dem ursprünglichen absteht), damit an jedem Tage 12 [zeitliche] Stunden und in jeder Nacht 12 Stunden verflieſsen und zwar an dem Ort, für den die Uhr konstruiert war.

Als ich die Herstellung des Instrumentes genau so ausführte, wie Archimedes dies angegeben, so gab deren Verwendung nur an einem Tage, nämlich dem ersten des Krebses, richtige Resultate. Daher wandte ich mich von jenem ab und suchte nach etwas anderem.

Ich fand ein Instrument, das früher ausgeführt war; man wuſste aber nicht, wer es hergestellt und wer es beschrieben hatte. Es besteht aus einem vollständigen Kreis auf einer runden Platte. Auf ihr sind zwei zueinander senkrechte Durchmesser gezogen (Fig. 16), der eine (*bg*) geht durch den Kopf von Widder (*b*) und Wage (*g*), der andere durch den Kopf von Steinbock (*d*) und Krebs (*a*). Man teilt nun (den vertikalen) Durchmesser *a d* in 180 Teile und zieht durch die Teilpunkte Linien parallel zu *b g*. An allen Schnittstellen dieser Linien mit dem Kreis macht man Zeichen. Der Kreis wird so in Teile geteilt, die am Kopf des Krebses und Steinbockes sich erweitern, an dem des Widders und der Wage aber sich verengern. Man hat so ein schönes Maſs für das Heben und Senken der Ausfluſsöffnung entsprechend der Einteilung einer geraden Linie. Ich führte diesen Apparat entsprechend der Figur aus, erhielt aber nicht ein richtig funktionierendes Werk. Ich hörte ferner, daſs ein Künstler nicht ein richtiges Werk auf Grund dessen erhalten hatte, was Archimedes, auf den ja die Herstellung der Wasseruhr zurückgeführt wird, angegeben hatte, der Künstler hieſs *Qaṭân*. Seine Anordnung besteht aus einem vollständigen Kreis, der in 12 gleiche Teile geteilt ist. Verfuhr man so, wie bei dem Halbkreis angegeben ist, so ergab sich wiederum, daſs das Werk nicht vollkommen war. Ich verlieſs daher diese Methode und dachte fleiſsig nach; da kam mir der Gedanke, den ganzen Kreis entsprechend der Neigung der Sonne gegen den Äquator zu teilen, und dachte, daſs so die Ausführung vollkommen werde. Ich nahm eine Platte und zog auf ihr einen Kreis (Fig. 17). Ich zog dann zwei sich senkrecht schneidende Durchmesser; den einen zwischen dem Kopf des Widders (*b*) und der Wage (*g*) und den anderen zwischen dem Kopf des Steinbocks (*d*) und des Krebses (*a*). Der Durchmesser *g b* entspricht dem Äquator. Der Mittelpunkt ist *e*. Die gröſste Neigung ist 23° 35′. Von *e* nach *a* zu trug ich gleiche Teile ab, die 23° 35′

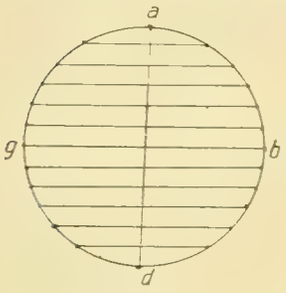


Fig. 16.

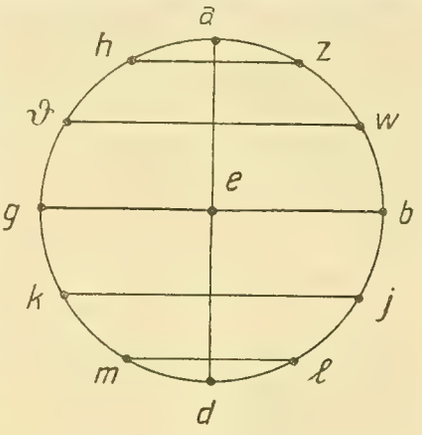


Fig. 17.

(d. h. der Neigung der Ekliptik) entsprachen.[1]) Ich legte dann das Lineal auf die Stelle, die der Neigung des Anfangs des Stieres gegen den Äquator entsprach, es ist dies $12^0\ 18'$, parallel zu dem Äquator. Der Anfang ging von dem Punkte *e* aus. An dem Rand des Lineals machte ich auf dem Kreis zwei Zeichen, das rechte ist der Anfang des Stieres, das linke derjenige der Ähre (Jungfrau). Dann zählte ich soviel weiter, bis die Neigung des Anfangs der Zwillinge erreicht war, es sind dies 8^0, ich legte wiederum das Lineal auf das Ende dieser Zahlen parallel zu dem Äquator, auf dem Kreise wurden wieder zwei Zeichen gemacht, das rechte entsprach dem Anfang der Zwillinge und das linke dem des Löwen. An den Anfang des Stiers schrieb ich *w*, an den Anfang der Zwillinge *z*, an den Anfang des Löwen *h*, an den Anfang der Ähre (Jungfrau) ♍. Ich teilte dann die Hälfte des Kreises hiernach in Teile, die nahezu gleich waren. In derselben Weise wird die untere Hälfte des Kreises geteilt, *j* ist der Anfang der Fische, *k* der des Skorpions, *l* der des Wasserträgers und *m* das Ende des Schützen. Mit 12 Tierkreiszeichen wurde der Kreis voll; jedes Zeichen wurde in 30 Teile geteilt. Ich benutzte dies Instrument. Es gab aber keine richtigen Resultate. Die Mafsverhältnisse waren also falsch gewählt. Darin lag die Entschuldigung dafür, dafs die Früheren keine richtigen Resultate erhalten hatten.

Es blieb so nichts übrig, als die Arbeit weiter zu verfolgen und nach einer neuen Methode zu suchen, die wir später besprechen werden. Daraus ergibt sich dann auch, dafs die besprochenen Methoden nicht richtig sind.

Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren.

Ihr Äufseres stellt ein Gebäude dar, das sich um zwei Mannshöhen von der Erde aus erhebt und das alles in sich fafst, das zum Bestimmen des Ablaufs der Stunden dient (s. Fig. 18).[2]) In diesem Gebäude ist eine Türe, die etwa 9 Spannen hoch und $5^1/_2$ Spannen breit ist. Diese Türe ist durch eine Wand aus Holz oder Bronze (*Sufr*) verschlossen. An ihrem oberen Ende befinden sich auf einer geraden Linie 12 Türen (T_I), jede Türe hat zwei Türflügel, die zu Beginn des Tages geschlossen sind. Unter ihnen und parallel zu ihnen sind weitere 12 Türen (T_{II}) mit je einem Türflügel, alle diese zeigen zu Beginn des Tages dieselbe Farbe. Unterhalb der Türen T_{II} ist ein um Fingerbreite über die Fläche der Wand vorspringendes Gesims *S S*. Am Anfang des Gesimses befindet sich eine einem *Dînâr*[3]) ähnliche Mondsichel *D*. Wandert die Mondsichel auf dem Gesims, so geht sie längs der Vorderflächen der Türen T_{II} bis ans Ende des Gesimses. Unter dem Gesims befinden sich an beiden Enden der Wand zwei Vertiefungen, ähnlich Nischen. In ihnen sind zwei Vögel (V_1 V_2) mit ausgebreiteten Flügeln, die auf ihren Füfsen stehen. Zwischen den beiden Nischen sind 12 runde Scheiben (*ss*) aus Glas angebracht, die so aneinandergereiht sind, dafs sie gleichsam einen Halbkreis bilden, dessen konvexe Seite nach oben liegt. Vor jedem

---

[1]) Die Stelle ist unklar. Wahrscheinlich teilt er *e a* in $23^{35}/_{60}$ Teile und trägt Strecken ab, die den Deklinationen der Tierkreiszeichen entsprechen.

[2]) In dieser, wie in zahlreichen anderen Figuren sind zum leichteren Verständnis Buchstaben eingesetzt, bezw. die im arabischen Original vorhandenen vermerkt worden.

[3]) Ein *Dînâr* ist eine Goldmünze.

Falken (Vogel) befindet sich ein Becher (*Qandîl*)[1] (B_1 B_2), der fest auf einem Postament aufserhalb der Vorderwand steht. In jedem Becher ist eine Zymbel aufgehängt.

Unten an der Wand stehen verschiedene Gestalten, die von zwei Trommlern (M_1 M_2), von zwei Trompetern (M_3 M_4) und einem Zymbelisten (*Sannâg*) (M_5). Oberhalb der Wand ist ein nach oben konvexer Halbkreis angebracht, auf seinem Umkreis sind von den 12 Tierkreisen sechs sichtbar, darunter ist eine Sphäre[2] mit der Sonne, nämlich einer goldenen Scheibe, darunter eine Sphäre mit dem Mond, einer Scheibe aus Glas.

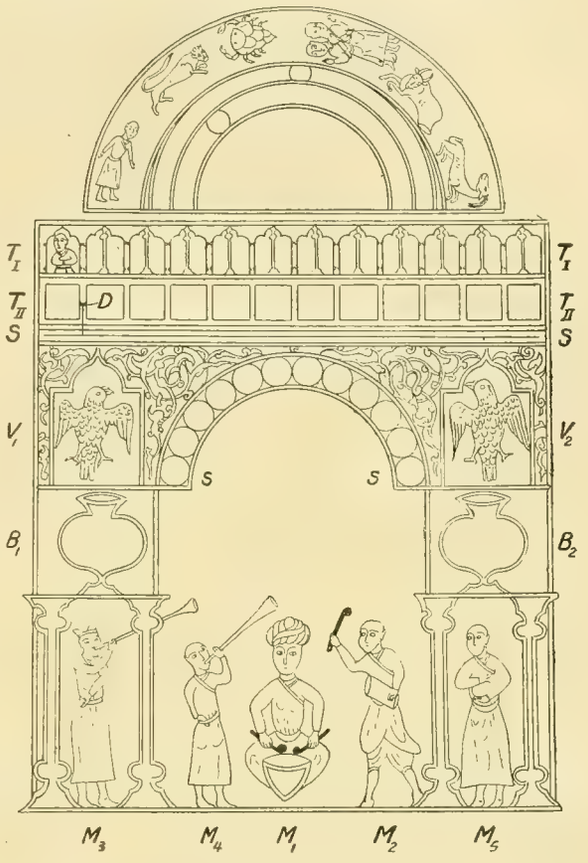


Fig. 18.

M_4 in Leiden 1025 hat eine sich oben gabelnde Trompete, hier dagegen eine einfache. In dem früher erwähnten Werke von Martin, S. 21, ist aus einem persischen Manuskript von 1350 Chr. ein Engel abgebildet, der eine ebensolche einfache Trompete bläst. Die Zymbeln haben in den verschiedenen Texten verschiedene Gestalt, in Leiden 1025 sieht man deutlich, wie das Instrument aus zwei Teilen besteht.

Das Wesentliche ist nun das Folgende: Am Anfang des Tages beginnt die Mondsichel [vor den Türen T_I] ihre wohlgeordnete unmerkliche Bewegung, bis sie bei ihrer Wanderung an einer Türe vorbeigegangen ist und gerade zwischen der ersten und zweiten Türe steht. Dann öffnen sich die beiden Flügel der ersten Türe und aus ihr tritt eine Figur hervor, wie sie gerade der Künstler zu bilden Lust gehabt hat; sie bleibt so stehen, als ob sie plötzlich erschienen (aufgegangen) wäre, ferner kippt die erste Türe T_{II}, an der die Mondsichel vorbeigegangen ist, um und nimmt eine andere Farbe an, die Vögel neigen sich, bis sie sich den Bechern nähern. Dann werfen sie aus ihren Schnäbeln zwei Kugeln auf die beiden Zymbeln und man hört weithin einen Klang. Dann kehren die Vögel in ihre Lage zurück. Das geschieht nach Ablauf jeder Stunde, bis die sechste Stunde vollendet ist, dann trommeln die Trommler, blasen die Trompeter und schlägt eine Weile der Zymbelschläger. Ebenso geschieht es nach der neunten und zwölften Stunde.

---

[1]) *Qandîl* heifst eigentlich Leuchter, Lampe; aus der Abbildung geht hervor, dafs es sich um Metallgefäfse von der Gestalt der Hängelampen handelt; da später eine wirkliche Lampe vorkommt, so habe ich hier *Qandîl* mit Becher übersetzt.

[2]) Sphäre ist als Ausdruck für *Falak* genommen, es sind die Kreis- oder Halbkreisringe, in denen die Sonne, der Mond usw. dargestellt sind und mit denen sie umlaufen.

Bei den Sphären spielt sich die Sache folgendermafsen ab: Am Anfang des Tages befindet sich der Sonnenmittelpunkt auf demjenigen Grad des Tierkreises, auf dem er sich wirklich an diesem Tage am östlichen Horizont befindet, dieser will eben aufgehen, der ihm gegenüberliegende Grad will eben untergehen. Jedesmal wenn ein Grad eines Tierkreiszeichens aufgeht, geht der ihm gegenüberliegende unter. Die Sonne steigt bis zur Mitte des Tages in die Höhe, dann sinkt sie bis zu dessen Ende hinab. Der Sonnenmittelpunkt will dann untergehen. Die sechs Tierkreiszeichen, die aufgegangen sind, gehen nun unter und die sechs, die untergegangen sind, gehen auf. Je nach der Zeit steht die Sonne verschieden hoch. Ist es der Tag des Krebses, so erreicht die Sonne ihre höchste Höhe, ist es der des Steinbocks, ihre gröfste Depression.

In der Nacht sieht man den Mond in dem ihm entsprechenden Tierkreiszeichen auf dem betreffenden Grad in der Gestalt, die er in dieser Nacht hat. Bildet er die eben erscheinende Mondsichel, so ändert diese sich allmählich in den Vollmond, steht er als Vollmond da, so geht er allmählich in Neumond über.

Ferner beginnt am Anfang der Nacht auf der ersten Glasscheibe (*s*) Licht zu erscheinen, so grofs wie ein Abschnitt von einem Nagel (*Qulâma*); dies Licht nimmt zu, bis die ganze Scheibe mit Licht erfüllt ist. Dann ist von der Nacht eine Stunde verflossen. Bei den folgenden Scheiben spielt sich dasselbe bis zur sechsten ab. Dann vollzieht das Musikkorps (*Arbâb al Malâhî*) in der Nacht seinen Dienst wie bei Tage und ebenso bei der neunten und zwölften Stunde, die dem Ende der Nacht entspricht; dann sind alle Scheiben mit Licht erfüllt. —

Zweiter Abschnitt.

Über den Wasserbehälter.

Er besteht aus einem länglichen Behälter von 6 Sp. Höhe und etwa $1^1/_3$ Sp. Weite. Man füllt soviel Wasser ein, dafs dieses in dem Verlauf der Stunden des längsten Tages unter der Breite, für die der Behälter hergestellt ist, in ein mit dem Behälter verbundenes Gefäfs fliefst. Es soll dies das vierte Klima sein, wo der längste Tag 14 Stunden und 30 Minuten hat. Am Anfang des Tages sollen in einer gleichmäfsigen Stunde 5 *Kail* und ebensoviel am Ende des Tages aus dem Loch ausfliefsen, also im ganzen 145 *Kail*[1]). Bringt man das Wasser wieder in den Behälter bis auf das Letzte zurück, so fliefst in der Nacht dieses Tages mit ihren gleichmäfsigen 9 Stunden und 30 Minuten alles aus und die am Anfang der Nacht in einer Stunde ausfliefsende Wassermenge ist ebenso grofs, wie die am Ende (aber gröfser als in einer Stunde am Tage).

---

[1]) Während des Tages fliefsen also bei der gegebenen Stellung des Mündungsstückes $72^1/_2$ *Kail* aus; ebensoviel fliefsen aber in der Nacht aus, die freilich an sich kürzer ist; der schnellere Ausflufs wird durch Verändern (Senken) des Mündungsstückes, aus dem das Wasser ausfliefst, erreicht.

Herstellung des Wasserbehälters und der dazu gehörigen Wasserapparate.

Ich beginne mit der Herstellung des Hauptbehälters, des Schwimmers *I* (*Ṭafâf*), des Hahnes an dem Hauptbehälter, des *Rubʿ*, des Schwimmers *II* (*ʿAwwâm*).[1]

Man nimmt vier Stücke gehämmerten Kupfers und hämmert sie, bis jedes die Gestalt eines Kessels (*Qidr*) oder eines *Kail* für die Feldfrüchte (*Ġalla*) annimmt mit senkrechten Wänden, oben und unten sind sie gleich weit. Hoch sind sie etwa $1^3/_4$ Sp. und weit $1^1/_4$ Sp.[2]) (Fig. 19). Um dem Behälter die richtige Gestalt zu geben, nimmt man eine genau kreisförmige Holzscheibe, die nur schwierig durch Hämmern und Ausgleichen in den Kessel hinabgeht. Dann zeichnet man von oben nach unten im Kessel vier einander gegenüberstehende gerade Linien. Man teilt jede Linie durch Zeichen in etwa 10 gleiche Abschnitte. Dann gießt man in einen der Kessel Wasser, bis es an jeder Linie an das erste Zeichen reicht, dann gießt man eine gleiche Wassermenge nach; reicht diese bis zum zweiten Zeichen, so ist die Sache zwischen den beiden in Ordnung, d. h. zylindrisch. Ragt das Wasser aber über das Zeichen hinaus oder bleibt es unter ihm, so erweitert oder verengt man den Raum zwischen den beiden Zeichen mit dem Hammer; so fährt man fort, bis man zum obersten Zeichen gelangt. Ebenso verfährt man mit den anderen Kesseln. Dann schneidet man die überstehenden obersten Teile und die untersten Teile (die Böden) ab, bis die Kessel die Gestalt von Trommeln (*Schaubar*, persisch *Čaubar*) annehmen; nur den Kessel, der den untersten Teil des Behälters bilden soll, läßt man unverändert. Dann verbindet man die Kessel miteinander. Um die Verbindungsstellen legt man außen Ringe aus Kupfer und lötet sie fest. Man erhält so einen einzigen Kessel mit geraden Seiten. Unten ist ein später zu behandelnder Hahn angebracht. Der Behälter ist 7 Sp. lang, davon kommen 6 Sp. auf diejenige Wassermenge, die zum Betrieb dient (s. w. u.). Eine halbe Sp. kommt auf das Wasser, das in der Bodenhöhlung des Behälters zurückbleibt und eine halbe Sp. am oberen Ende auf den Schwimmer.[3]) Für die Herstellung des Schwimmers *I* gibt man zwei Kupferplatten durch Hämmern eine gewölbte Gestalt, dabei sollen diese aufeinander passen. Sie haben die Gestalt von kegelartigen Gebilden, ähnlich einer ausgehöhlten Rübe (*Salgam*). Man lötet sie in entsprechender

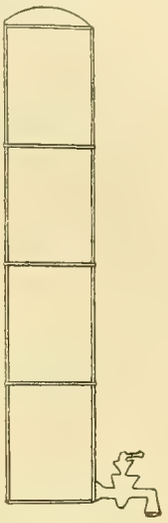


Fig. 19.

Auf einer hier nicht mitgeteilten Zeichnung ist noch ein Teilkessel für sich mit einem oben eingepaßten Holzbrett abgebildet, auf einer anderen der Hahn, auf einer dritten das kleine Verschlußstück von Fig. 22.

[1]) Diese Vorrichtungen werden später im einzelnen beschrieben. Der *Ṭafâf* ist noch besonders eingehend von *Riḍwân* behandelt. Das arabische Wort „*Rubʿ*“, das ein Maßgefäß und ein Maß bedeutet, wird im folgenden beibehalten, ebenso wie das etwas später vorkommende *Kail*, das auch ein Maßgefäß und ein Maß bezeichnet.

[2]) Oben war die Weite zu $1^1/_3$ Sp. angegeben.

[3]) Der Hauptbehälter ist $1^1/_4$ Sp. weit und 6 Sp. kommen auf die benutzte Wassermenge; diese beträgt 145 *Kail*; danach entsprechen $\frac{22}{7} \cdot \frac{(1\frac{1}{4})^2}{4} \cdot 6$ Kubikspannen $=$ 116 Liter, oder 1 *Kail* ist rund 0,8 Liter. Die Angaben über die Größe des *Kail* schwanken sehr.

Lage aufeinander. Sie sind so weit, dafs sie leicht in dem Behälter hinabgehen. Auf der Mitte der einen kreisförmigen Fläche bringt man eine Öse (*Razza*) mit einem Ring an. An der Seite der Öse macht man ein fingerdickes Loch (Fig. 20).

Aus gegossenem Kupfer fertigt man eine Röhre von der Länge von $^1/_2$ Sp. und so weit, dafs man den Zeigefinger einführen kann. In ihrer Mitte bringt man einen kunstvoll hergestellten Hahn an. Soll er schliefsen, so schliefst er, will man ihn öffnen, so öffnet er sich.

Das eine Ende der Röhre biegt man rechtwinklig nach unten, etwa in der Länge von $^1/_2$ Finger, um, das umgebogene Ende soll weiter sein als die Stelle am Winkel. Der Hahn ist an das untere Ende des Behälters gelötet (s. Fig. 19). Für das umgebogene Ende macht man einen konischen Verschlufs aus gegossener Bronze, pafst ihn in das umgebogene Ende ein und schleift ihn in dieses mit Schmirgel auf das Sorgfältigste auf der Drehvorrichtung (*Gahar* = *Schahar*, vgl. Dozy,[1]) wie dies üblich ist, ein. So verfährt man bei jedem Hahn und jedem Ventil (*Bâb*), die man einschleift.

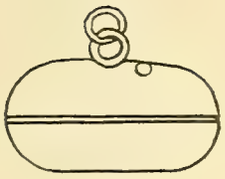


Fig. 20.

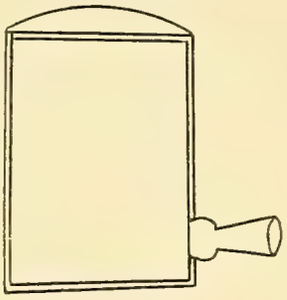


Fig. 21.

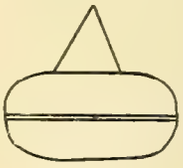


Fig. 22.

Steckt man den Verschlufs in das umgebogene Stück und hält man ihn nicht durch einen Gegenstand fest, so fällt er herunter, da seine Basis breiter als seine Spitze ist.

Für den *Rubʿ* hämmert man ein Stück Kupfer, bis es die Gestalt des Hauptbehälters annimmt. Er ist $1^1/_2$ Sp. tief und 4 F. weit. In der Nähe des Bodens an der Seite macht man ein Loch und lötet auf dieses eine Röhre von der Gestalt eines Zeigefingers (Fig. 21). Dann hämmert man für den Schwimmer *II* (Fig. 22) zwei Kupferstücke, bis sie die gewölbte Gestalt einer hohlen Rübe annehmen und lötet sie zusammen. Ihr Umfang ist so bemessen, dafs dieser Schwimmer leicht in dem *Rubʿ* hinabgeht, ohne dessen Seiten zu berühren. Den Verschlufs lötet man auf die Mitte einer der kreisförmigen Flächen des Schwimmers. Diesen bringt man dann auf eine Wasserfläche und beobachtet ihn. Neigt er sich nach einer Seite, so beschwert man die gegenüberliegende, bis er auf der Wasseroberfläche keinerlei Neigung zeigt.

---

[1]) *Schahar* oder *Gahar* ist eine Maschine, die der Drechsler und der Töpfer benutzt. Das Wort kommt auch bei *Ibn al Haitam* bei der Herstellung von Apparaten vor. Es heifst dort: „man bringt dies Instrument auf dem *Schahar* an, auf dem die Drechsler die Kupferinstrumente abdrehen".

Dritter Abschnitt.

Über den *Dastûr*[1]) für den Austritt des Wassers.

Um ihn herzustellen, nimmt man eine kräftige Kupferplatte und macht ihre Fläche eben; dies prüft man durch Anlegen eines Lineals. Ihr Durchmesser ist $1^1/_2$ Sp. An einem der Viertel des Umfanges tritt ein Stück heraus in der Länge von drei Fingern. Man bildet dieses zu einer Basis aus, auf der sich eine Scheibe erhebt. Dann zeichnet man zwei zueinander senkrechte Durchmesser, die man aber nicht eingraviert. Der senkrechte teilt die Basis in zwei Hälften. Dann zieht man um den Mittelpunkt der Platte einen Kreis mit dem Durchmesser von 1 Sp. Die beiden Durchmesser schneidet dieser Kreis in *a, b, g, d*. Der Anfang des Krebses entspricht *a*, der der Wage *b*, der des Steinbocks *g* und der des Widders *d*. Dann zieht man um diesen Kreis einen zweiten Kreis (*h*); zwischen beide schreibt man später die Namen der Tierkreiszeichen. Dann zieht man um diesen noch einen Kreis (*ϑ*), um zwischen beide die Fünfer zu schreiben, dann einen weiteren Kreis (*j*), der Zwischenraum dient für die kleineren Teile. Dann teilt man den Raum zwischen den beiden Kreisen, der für die 12 Tierkreiszeichen bestimmt ist, durch 12 Teilstriche, ohne sie einzugravieren, so dafs man sie vollständig fortwischen kann. Die Teilung beginnt bei *d*, dem Anfang des Widders. Dann teilt man den für die kleinen Teile bestimmten Raum durch 360 gleichweit abstehende Teilstriche, ohne sie einzugravieren.

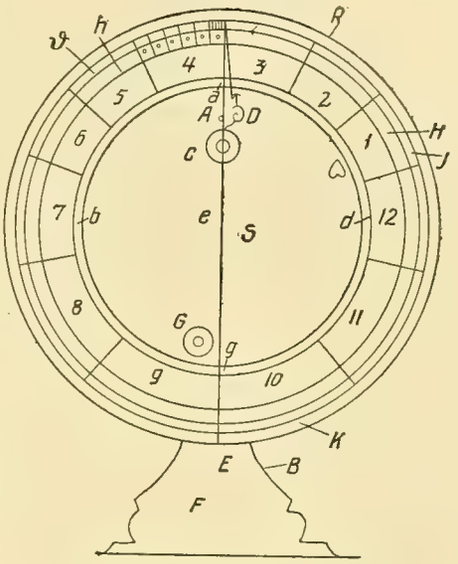


Fig. 23.

Es steht bei *A*: Loch zum Herausnehmen des Schmutzes; *C*: Mündungsstück (*Gaz'a*); *D*: Zeiger für die Teile; *E*: die Teilung der kleinen Teile stimmt nicht genau mit der Teilung der Tierkreiszeichen überein, sondern nur angenähert an dieser Stelle (s. im Text); *F*: Basis des *Dastûr*; *G*: hervorstehender Knopf; *H*: die Fünfer; *J*: für die kleinen Teile; *K*: die Einteilung für die byzantinischen Monate bringt der, der dies will, zwischen den beiden Kreisen an. Auch kann man die Einteilung auf zwei *Dastûr* ausführen.

Um den Mittelpunkt *e* zieht man etwas innerhalb des Kreises *a b g d* einen Kreis; mit einem Zirkel schneidet man längs dieses Kreises eine Scheibe *S* (*Qurṣ*) heraus, während aufsen ein Ring *R* stehen bleibt. Aus Bronze macht man nun einen Teller *T* (*Gâm*) mit vollkommen ebenem Rand. Legt man *T* auf *R*, so soll der Rand des Tellers mit dem äufseren Kreis des Ringes zusammenfallen, die Basis *B* liegt dann aber aufserhalb des Tellers. Der innere Rand des Tellers hat einen etwas kleineren Durchmesser als der innere Rand des Ringes. Man befestigt nun den Ring

[1]) Der *Dastûr* ist in Fig. 23 abgebildet. Da wir keinen ganz entsprechenden deutschen Ausdruck haben, so behalte ich den arabischen bei. Er kommt vielfach bei astronomischen Instrumenten vor.

auf dem Teller. Gibt man Ring und Scheibe ihre ursprüngliche Lage, so soll letztere durch nichts an dem Tellerrand in ihrer Bewegung gehindert werden und die Fläche der Scheibe und des Ringes sollen in einer Ebene liegen (s. Fig. 24).

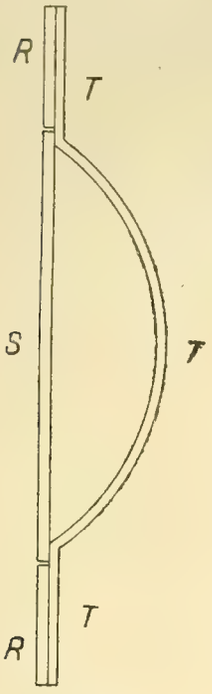


Fig. 24.

Diese im Text nicht vorhandene Figur läfst die gegenseitige Lage von Teller, Ring u. Scheibe erkennen. Der Teller ist gewölbt gezeichnet wie aus Fig. 38 sich ergibt.

Nun stellt man das Verbindungsstück zwischen *Rub'* und Scheibe her, das gleichzeitig eine Drehung der Scheibe gestattet. Aus gegossener Bronze macht man eine Röhre R_1 (Fig. 25) von der Länge und Gestalt eines Zeigefingers. Ihr eines Ende ist weiter als das andere. Für diese Röhre macht man aus Bronze ein Verschlufsstück (V) (*Sidâd*), dessen Enden über diejenigen von R_1 vorstehen und zwar

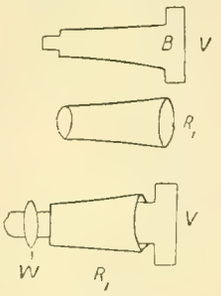


Fig. 25.

das dünnere nur wenig und zwar soviel, dafs über dasselbe ein ringförmiger Wulst (W) (*Abschizkh?*) gezogen werden kann. Man hämmert es so zurecht, dafs es sich über den Wulst umbiegt und V daran hindert aus R_1 herauszutreten. V soll sich in R_1 leicht drehen und es nicht verlassen. Dem anderen Ende von V gibt man eine auf der Drehbank eben gemachte Basis, auf der V genau senkrecht steht. V durchbohrt man dann der Länge nach und erhält so zwei Röhren in einer Röhre (R_3, s. w. u.).

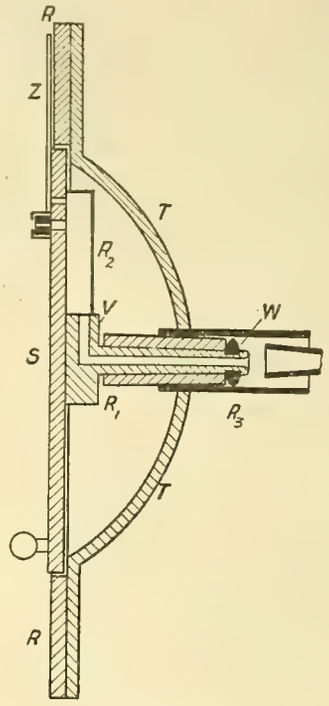


Fig. 26.

Diese Figur stellt nach den Angaben des Textes eine Rekonstruktion des ganzen *Dastûrs* und seiner Verbindung mit dem *Rub'* dar.

Auf der Rückseite der Scheibe S zeichnet man einen Kreis von der Gröfse der Basis (B) von V; weiter zieht man auf dem Rücken einen Radius, der mit einem der Durchmesser auf der Vorderfläche zusammenfällt. Die Radien auf der Vorder- und Rückseite graviert man nun ein. Die Basis wird in dem vorgezeichneten Kreis befestigt (s. Fig. 26 und 27).

In der Richtung des Radius bohrt man durch die Basis B von V ein Loch bis zu der Längsdurchbohrung. — Hierauf hält man die Mantelröhre R_1 von V fest, stellt dem Rand der Scheibe einen spitzen Gegenstand gegenüber und dreht die Scheibe mit dem Verschlufsstück. Man prüft nun, ob beim Drehen, wie dies bei der Drehbank

der Fall ist, der Abstand zwischen Scheibe und Spitze derselbe bleibt, sonst korrigiert man entsprechend. —

Längs des Radius lötet man auf die Rückseite der Scheibe S eine halbkreisrunde Röhre R_2 (Fig. 26) auf. Mit dem Querloch in V steht sie in Verbindung; am Ende, das in der Nähe eines noch zu besprechenden Loches in der Scheibe sich befindet, verschliefst man sie.

Weiter stellt man eine 4 Finger lange Kupferröhre R_3 her, die so weit ist, dafs R_1 ein Stück in sie hineingeht, und lötet sie auf dieser an. Sie darf den Wulst nicht an der Umdrehung hindern. Legt man nun die Scheibe auf den Boden und gieſst etwas Wasser in R_3, so fliefst es durch V in die längs des Radius angelötete Röhre R_2; es kann aber nicht ausfliefsen.

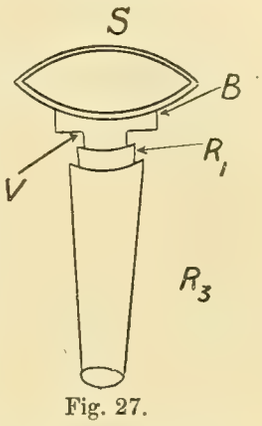


Fig. 27.

Nun macht man im Mittelpunkt des Tellers ein Loch, in das man die Röhre R_3 steckt, bis die Scheibe sich auf den Rand des Tellers auflagert und befestigt die Röhre R_3 an dem Teller, aber zunächst nicht fest. Dann dreht man die Scheibe; dreht sie sich mit Leichtigkeit, so macht man die Verbindung mit der Röhre fest; reibt sich aber der Rand des Tellers oder der ihn umgebende Ring, so hilft man dem ab. Am Rand der Vorderfläche der Scheibe bringt man in der Richtung des einen eingravierten Radius einen Stift (Zeiger, *Schaẓîja*) (Z) an, der so lang ist, dafs er über die kleinen Teile geht. Auch die andere Hälfte dieses Radius mufs man eingravieren, so dafs man einen eingeritzten Durchmesser erhält. Auf ihm bringt man einen feinen runden Wulst (s. oben) an mit einem hervorstehenden Knopf, um an ihm die Scheibe zu drehen. Dann geht der Zeiger über den Zodiakus, den für die Fünfer bestimmten Kreis und den Kreis für die kleineren Teile. Man setzt ihn beim Gebrauch auf die Grade, die der Stellung der Sonne entsprechen, und die diesen entgegengesetzten.

Vierter Abschnitt.

Über die Aufstellung der Apparate und ihre Verbindung untereinander.

In einem Loch des untersten Teiles des Hauptbehälters befestigt man den Schwanz des Hahnes. Man stellt den Hauptbehälter auf einer Basis 4 Sp. über dem Boden des Hauses auf. Den *Rubʿ* mit seinem Schwimmer stellt man so auf, dafs der obere Teil des *Rubʿ* den Schwanz des Hahnes berührt, und so, dafs das umgebogene Ende des Hahnes über dem Mittelpunkt des *Rubʿ* steht. Den *Rubʿ* stellt man auf eine feste Unterlage, dann setzt man eine am unteren Ende der Seite des *Rubʿ* angelötete Röhre in die Röhre R_3 (s. w. u.) an dem Teller streng ein und verbindet sie mit etwas Wachs. Der *Dastûr* steht aufrecht, unter ihn legt man eine Unterlage aus hartem Stein. Mit dem Senkel prüft man Hauptbehälter und *Rubʿ*. Ebenso stellt man den *Dastûr* mit dem Senkel so vertikal, dafs dessen Faden durch den Anfang des Krebses und Steinbocks geht und dafs ferner der Faden von der Fläche des *Dastûr* bei den

Linien des Krebses und Steinbocks gleichweit absteht[1]) und die Basis des *Dastûr* in zwei gleiche Teile teilt.

Man füllt nun Wasser in den Hauptbehälter und setzt den Schwimmer *I* auf dieses. Dann öffnet man den Hahn. Das Wasser fliefst aus dessen gebogenem Ende zunächst in den *Rubʿ*, dann in den auf dem Rücken der Scheibe angebrachten Verschlufs, dann in die Röhre auf dem Rücken der Scheibe. Hier hat das Wasser keinen Ausweg. Es steigt in dem *Rubʿ*, ebenso der Schwimmer *II* mit der Wasseroberfläche bis das Ende seines Verschlusses in das umgebogene Ende des Hahnes eintritt und dieses verschliefst; dann kann kein Wasser aus ihm austreten. Dies geschieht erst dann, wenn man in die Oberfläche der Scheibe auf einem Radius bis zu der Rinne ein Loch bohrt. Dann fliefst das Wasser aus diesem Loch aus. Sobald etwas Wasser aus dem Loch austritt, mufs der Schwimmer *II* entsprechend sinken. Befindet sich der Zeiger am Anfang des Krebses, so hat das Loch in der Scheibe seine höchste Lage, in welcher Entfernung von dem Mittelpunkt der Scheibe es auch angebracht sein mag. Das Wasser fliefst so langsam wie möglich aus. Liegt der Zeiger auf der anderen Seite, auf dem Anfang des Widders, so hat die Öffnung ihre tiefste Lage und das Wasser fliefst so schnell wie möglich aus. Nun bringt man auf das Loch ein durchbohrtes Stück Onyx in passender Weise, aus dem von dem Wasser ein bestimmter Betrag in noch anzugebender Weise austreten soll.

Früher ist erwähnt, dafs der aufserhalb der Scheibe liegende Kreis in 12 gleiche, aber nicht eingravierte Teile geteilt ist; aufserdem sind 360 Teilstriche, die nicht eingraviert sind, angebracht; über sie bewegt sich der Zeiger im Laufe eines Jahres hin.

An dem Tage, an dem die Sonne am Anfang des Krebses steht, steht der Zeiger auf dem Anfang des Krebses; in der Nacht dieses Tages gerade gegenüber auf dem Anfang des Steinbocks. Für jeden Tag senkt man den Zeiger bei Tage von dem Anfang des Krebses um einen Grad und hebt ihn in der Nacht von dem Anfang des Steinbocks um einen solchen. Ist der Zeiger zum Anfang des Widders gelangt, so läfst man ihm bei Tag und Nacht seine Lage.

Man benutzt aber in Wirklichkeit nicht diese Teilung. Ich habe daher aus noch anzugebenden Gründen betont, dafs sie nicht eingraviert ist.

Fünfter Abschnitt.

Über die Teilung des Kreises für den Austritt des Wassers.

Diese geschieht durch die *Kail* (*K*) des Wassers. Ich habe das in dem Hauptbehälter abgemessene Wasser zu 145 *K* angegeben. Die Breite des Ortes, für den er geteilt ist, ist 36°, der längste Tag hat dann $14^1/_2$ Stunden. Ich teilte 145 *K* durch $14^1/_2$ Stunden und erhielt für jede Stunde 10 *K*. An dem Instrument für den Austritt des Wassers teilte ich den Kreis in 360 nicht eingravierte Teile. Den Zeiger stellte ich dann auf den Anfang des Krebses und richtete das Mündungsstück so ein, dafs in einer gleichmäfsigen (gl.) Stunde, die durch ein Höheninstrument bestimmt war,

[1]) In dieser Weise wird auch geprüft, ob die Fläche eines Quadranten senkrecht steht.

10 *K* ausflossen. Dazu machte ich das Loch zunächst eng und erweiterte es entsprechend mit einer Reibahle aus Kupfer mit Schmirgel. Dann teilte ich 145 *K* durch $9^1/_2$ St. entsprechend dem Anfang des Steinbocks, es ergibt sich etwa $15^1/_2$ *K*. Ich drehte den Zeiger auf den Steinbock. Kam die berechnete Menge in einer gl. Stunde heraus, so blieb das Mündungsstück ungeändert, kam aber mehr heraus, so näherte ich das Mündungsstück dem Mittelpunkt und senkte den Hauptbehälter von seiner ursprünglichen Stelle um dieselbe Strecke.[1]) Floſs zu wenig aus, so entfernte ich das Mündungsstück von dem Mittelpunkt der Scheibe und hob den Hauptbehälter um ebensoviel. So erhielt ich für das Mündungsstück eine Stelle, wo aus ihm bei der Stellung des Zeigers am Anfang des Krebses 10 *K* und am Anfang des Steinbocks $15^1/_4$ *K* austraten. In diesem Fall soll der Abstand des Loches von dem Mittelpunkt der Scheibe etwa 4 F. sein zu sechs mit den Bäuchen an die Rücken aneinandergelegten Gerstenkörnern.[2]) Die betrachtete Breite war 36°. Ist sie gröſser, so entfernt man das Mündungsstück vom Mittelpunkt und umgekehrt. Dann befestigt man an dem Mündungsstück ein aufrecht stehendes Haus (einen Mantel) aus Messing. Dann bohrt man auſserhalb des Mündungsstückes noch ein zweites Loch in die Scheibe, das in die Rinne führt; durch dieses kann man Wasser in die Rinne gieſsen; man verschlieſst es später mit etwas Wachs. Kam in die Rinne etwas Staub, so nahm ich das Wachs fort und entfernte den Staub, damit der Austritt des Wassers nicht verändert wurde. Ich gravierte ferner an den Hauptbehälter entsprechend der höchsten Stelle des *Rubʿ* ein Zeichen, um durch dieses die Höhe des *Rubʿ* genau festzulegen. Das ist besonders wichtig. Dann teilte ich die 145 *K* durch 12 gl. Stunden, es ergab sich für jede Stunde $12^1/_{12}$ *K*. Dies entsprach dem Anfang des Widders und der Wage. Ich drehte den Zeiger auf den Anfang des Widders. Da trat aber in einer Stunde mehr als $12^1/_2$ *K* aus. Hieraus folgt nun, daſs die drei Arten der Teilung, die oben erwähnt sind, nämlich die Teilung des Halbkreises, des Durchmessers und die nach der Neigung der Sonne nicht entsprechende sind.

[3]) Um eine solche Teilung zu erhalten, daſs, wenn der Zeiger auf eine bestimmte Stelle des Tierkreises gestellt wird, für die gl. Stunde die richtige Menge ausfliesst,

---

[1]) Die Uhr soll die zeitlichen Stunden, von denen je zwölf auf den Tag und die Nacht kommen, angeben. Der Schwimmer muſs also am Tage und in der Nacht um die gleiche Strecke sinken, damit in beiden die Mechanismen, die die Stunden anzeigen, in gleicher Weise bewegt werden. In einer gleichmäſsigen Stunde muſs daher der Schwimmer am längsten Tage in der Nacht mehr sinken als bei Tage. Zunächst wird der Ausfluſs für den Tag geregelt. Dabei sei *A* der Abstand zwischen dem Niveau im *Rubʿ*, durch das auch die Stellung des Hauptbehälters bestimmt ist, und der Ausfluſsöffnung *O*. Dreht man für die Nacht *O* nach unten, so wächst die ausflieſsende Menge; daſs sie die richtige Gröſse erhält, erzielt man dadurch, daſs man *O* dem Scheibenmittelpunkt nähert oder von ihm entfernt. Dadurch darf jedoch der Abstand *A* für den dieser Nacht entsprechenden Tag nicht geändert werden. Man muſs deshalb den Hauptbehälter ebensoviel senken oder heben wie man *O* verschiebt, damit der Ventilschwimmer und mit ihm die Wasseroberfläche im *Rubʿ* sich entsprechend heben oder senken können. Durch diese Verstellbarkeit ist die Antriebsvorrichtung bei *Gazarî* um vieles der starr verbundenen des *Ridwân* überlegen. Der Hauptbehälter kann freilich nur gesenkt werden, wenn nicht, wie es auf S. 69 heiſst, der *Rubʿ* bei der anfänglichen Aufstellung den Schwanz des Hahnes berührt. Es muſs vielmehr ein Stück zwischen beiden frei bleiben.

[2]) Die Fingerbreite wird oft in dieser Weise definiert, es liegt stets ein Gerstenkorn mit seinem Rücken an dem Bauch des vorhergehenden.

[3]) Die eingeklammerten Stücke geben den Text von *Gazarî* etwas gekürzt.

verfährt *Gazarî* folgendermafsen und erhält so die definitive richtige Lösung für die Teilung. Er dividiert zunächst die zur Verfügung stehende Gesamtmenge von 145 *K* durch die Zahl der Stunden des Tages, an dem die Sonne am Anfang eines Tierkreiszeichens steht. Dann dreht er den Zeiger so lange, bis er diese Menge für die Stunde erhält; er bestimmt die Stelle nach der ursprünglichen Teilung in 360 gleiche Teile. Ein Zeichen an der so gefundenen Stelle bezeichnet *Gazarî* für seine Arbeit als den Anfang des Tierkreiszeichens. Den Abstand zwischen den so bestimmten Anfängen von zwei aufeinander folgenden Tierkreiszeichen belegt er mit dem Namen des ersten und schreibt in ihn den betreffenden Namen ein. Nachdem er für die rechte Hälfte und zwar in der Reihenfolge Widder, Stier, Zwillinge, Steinbock, Wassermann, Fische, die Anfänge festgelegt hat, findet er ohne weiteres die symmetrisch gelegenen auf der linken Seite. Wie sich die Zeichen etwa verteilen, lehrt die Fig. 23. Die Zahlen selbst mitzuteilen, hat wenig Wert, um so weniger, als sie nicht ganz richtig überliefert sind. Zu beachten ist, dafs der Anfang von Widder und Wage oberhalb der Horizontalen liegen, die untersten Tierkreiszeichen sehr breit sind und dafs Krebs und Zwillinge breiter sind als die ihnen benachbarten.]

Gazarî sagt dann: „Ich habe so den Kreis mit 12 Tierkreiszeichen vollendet, dabei sind je zwei gegenüberliegende einander gleich."

[Entsprechend wird nun jedes Tierkreiszeichen zunächst in 6 Teile zu 5 Graden und jeder dieser Teile wieder in 5 Teile zu 1 Grad geteilt, indem stets die der betreffenden Stelle entsprechende Wassermenge als Norm genommen wird. So erhält man dann 360 Teile, die an Stelle der ursprünglichen 360 Teile treten. Diese Teile werden eingraviert, die nicht eingravierten dagegen gelöscht.]

Diesen *Dastûr* benützt man folgendermafsen:

Befindet sich die Sonne in einem Tierkreiszeichen, so stellt man den Zeiger am Tage auf dieses und in der Nacht auf das entgegengesetzte. Man kann aufserhalb des Kreises für die kleinsten Teile noch einen Kreis zeichnen und an ihn die rumäischen (byzantinischen) Monatsnamen schreiben und die Einteilung in Tage, damit das Sonnenjahr vollständig wird, wie ich dies selbst bei zwei *Dastûr* ausgeführt habe.

Dies ist das Prinzip bei diesem Werk. Die einzelnen Teile fügt man hinzu oder läfst sie fort, je nach dem Ort, für den die Uhr hergestellt wird. In Moscheen und Wallfahrtsorten wird man sich auf das beschränken, was die Stunden kennen lehrt, in den Palästen der Könige wird man das, was sich für diese ziemt, anbringen, so Bilder und ähnliches.

Sechster Abschnitt.

Über den Ort, auf dem die ganze Anordnung aufgestellt wird, und die für sie bestimmten Vorrichtungen.

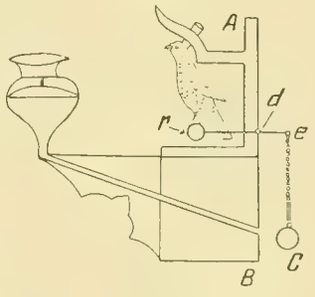
Man errichtet ein Gebäude, das von der Erde sich zwei Manneshöhen erhebt und dessen Grundfläche 12 Sp. im Quadrat mifst. Man bringt in ihm eine Türe (Öffnung, *Bâb*) an. Sie ist 5 Sp. weit und 9 Sp. hoch. Dann verschliefst man die Türe durch eine Wand aus Messing oder aus festem Holz. In ihrem oberen Teile bringt man 12 gleichgrofse Türen an. Zwischen je zweien befindet sich ein zwei F.

breiter Pfosten. Jede Tür hat zwei Türflügel (*Miṣrâ'*) aus Messing, mit sich leicht bewegenden Scharnieren. Unter diesen 12 Türen befinden sich zu ihnen parallel weitere 12 Türen mit einem Türflügel aus Kupfer. Auf halber Höhe bringt man an ihnen quer eine Achse an, deren Enden sich in zwei Lagern, die sich in der halben Höhe der Pfosten befinden, leicht drehen können. Das eine Ende der Türe wird beschwert, da das Schwere seiner Natur folgend, nach unten geht. Hebt man das beschwerte Ende und hält es von aufsen durch einen Stift fest, so kann es nur nach innen fallen (Fig. 28 gibt eine Tür zwischen zwei Pfosten); sie trägt als Inschrift: *l'Illâhi al Mulk*, die Herrschaft ist Gottes.

Fig. 28.

Aufserhalb dieser Türen macht man ein Gesims, das um Fingerbreite aus der Wand vorspringt. Es ist der Breite nach geradlinig, an diesem Gesims bringt man einen fingerbreiten Rand an. In der Wand bringt man einen Spalt an, der längs der Fläche des Gesimses verläuft, und der so breit ist, wie der Rand am Gesims hoch. Dann macht man aus Gold eine Mondsichel, wie einen *Dinâr* und so breit wie ein Pfosten zwischen den unteren Türen oder schmäler. Man befestigt die Mondsichel auf einem dünnen Eisenstab, der so lang ist, wie die Türe hoch, biegt ihn in der Mitte rechtwinkelig um und schiebt das horizontale Stück durch den Spalt in die Wand. Die Mondsichel, die vor dem ersten Pfosten aufgestellt sei, reicht bis zur halben Höhe der Türe. Kippt die Türe um, so wird sie nicht durch die Mondsichel gehindert und diese behält ihre Lage.

Fig. 29.



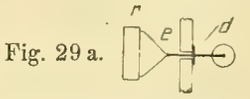


Fig. 29 a.

Es steht bei *A*: Kanal für die Kugeln; *B*: Rinne der Kugeln nach dem Innern des Hauses; *C*: Gewicht. — Die Verhältnisse sind natürlich falsch. Der Falke ist gröfser, der Becher mufs tiefer und näher am Falken stehen. Fig. 29 a gibt eine Draufsicht auf die den Falken tragenden Teile.

Unter dem Gesims macht man an beiden Enden an der Wand zwei Vertiefungen ähnlich Gebetsnischen (*Miḥrâb*). Ihre Spitze liegt drei Finger unter dem Gesims, die Nischen sind etwa 2 Sp. lang und über 1 Sp. breit.

Dann macht man zwei Falken aus möglichst leichtem Messing mit anliegenden (*bâsiṭ*) Flügeln und erhobenen Brüsten (Fig. 29 u. 29 a). Hinter dem Kopf eines jeden macht man eine Öffnung (*A*), durch die eine Kugel von gegossener Bronze im Gewicht von 40 *Dirham* gehen kann. Die Hälse der Falken sind verschlossen, damit die Kugel im Kopf liegen bleibt; dann trennt man den oberen Schnabel und soviel von dem Kopf ab, dafs die Kugel leicht austreten kann. Zwischen dem oberen Schnabel[1]) und dem Kopf bringt man ein sehr feines bewegliches Gelenk an. Dann nimmt man einen fingerdicken Eisenstab (*e*), der etwa 2 Sp. lang ist, ein Ende ist gespalten und die beiden Teile klaffen auseinander (Fig. 29 a).[2]) In der Mitte des Stabes bohrt man ein Loch, in das bequem eine Achse (*d*) eintritt. Auch das andere

[1]) Hier ist der obere Schnabel beweglich, bei *Riḍwân* dagegen der untere.

[2]) In der Abbildung des im Besitz von H. Dr. Martin befindlichen Handschriftblattes, die der Fig. 29 entspricht, sieht man deutlich, wie der Falke auf einem Stab sitzt (Fig. 29 b).

Ende wird durchbohrt. Ferner bohrt man ein Loch in die Mitte der Nische und macht einen etwa $^1/_2$ F. langen Spalt. In den Spalt schiebt man das Ende des durchbohrten Stabes, bis die Achse in dem Loch in seiner Mitte den Spalt der Nische in der Quere berührt. Die Achse wird mit ihren Enden an der Nische befestigt; wenn der Stab sich (um die Achse) bewegt, so bewegt er sich nur nach oben und unten.

Dann macht man eine 4 F. lange Kupferröhre (*r*), die an den Enden geschlossen ist und so dick ist, dafs der Daumen und der Zeigefinger sie umfassen. Die Füfse des Falken werden auf dieser Röhre befestigt. In die Röhre werden in der Nähe ihrer Enden zwei Löcher für die Enden der beiden auseinanderklaffenden Stücke des Stabes angebracht. Der Falke sitzt so auf der Röhre, als ob er eine Stange mit seinen Krallen umfafste. Die Vorderseite des Falken ist nach aufsen und die Rückseite nach der Nische zu gelegen. Er steht auf der Röhre senkrecht zu dem Stab. Das andere Ende des Stabes im Innern der Wand wird mit einem Bleigewicht (*C*) beschwert, das an einer 1 Sp. langen Kette hängt, die in einem Loch am Ende des Stabes befestigt ist. Das Gewicht soll um 20 *Dirham* schwerer sein als der Falke. Der Stab bildet eine Wage; ist dessen eines Ende schwerer als das andere, so neigt es sich. Das Gewicht hebt so den Falken, bis sein Kopf den obersten Teil der Nische berührt; dort bleibt er stehen. Nun macht man an dem oberen Teil der Nische eine so weite Öffnung, dafs aus ihr die Kugel von dem oben erwähnten Gewicht austreten kann. Die Öffnung liegt so hinter dem Kopf des Falken, dafs, wenn die Kugel aus ihr austritt, sie in den Kopf des Falken eintritt. Sie bleibt zunächst oberhalb des Halses liegen. Der Falke gewinnt erst dadurch das Übergewicht über das Spanngewicht, dies ist ja 20 *Dirham* schwerer als der Falke. Der Falke neigt sich, sein Kopf entfernt sich von der höchsten Stelle der Nische um etwa 2 Sp.[1]), die Kugel stöfst den oberen Schnabel zurück und tritt aus, dadurch wird der Falke leichter und kehrt in seine Lage zurück.

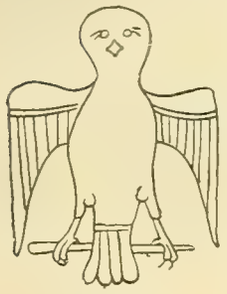


Fig. 29 b.

Konstruktion der Flügel des Falken. Jeder Flügel ist in seiner Mitte durch ein Gelenk mit dem Rücken des Falken verbunden. Dann nahm ich einen Faden, dessen eines Ende mit dem Ende des Schulterblattes des Flügels verbunden und dessen anderes an der Seite der Nische befestigt war. Der Faden hatte dieselbe Farbe wie die Nische. Neigte sich dann der Falke, so hob er seine Flügel. Er zeigte also zwei Bewegungen, seine eigene nach unten und die seiner Flügel nach oben, und ebenso bewegte sich sein Schwanz, der ursprünglich unten war, durch ein Gelenk. Dadurch wurde das ganze besonders schön.

Vor jedem Falken steht aufsen ein messingener Becher auf einer Konsole[2]), die soweit von der Fläche der Wand vorspringt, dafs die Kugel aus dem Schnabel des Falken in den Becher fällt. Quer zum oberen Ende des Bechers war ein kupfernes Querstück angebracht, an dem eine Zymbel aus *Isfâḏrûh*[3]) aufgehängt war; auf diese

[1]) Die Angabe, dafs der Falke sich um 2 Sp. vorneigt, stimmt nicht mit den sonstigen Längenangaben.

[2]) *Charrâga* ist in der Oxforder Handschrift vokalisiert und bedeutet nach dieser Stelle und vor allem nach der Beschreibung bei der Kerzenuhr eine Konsole.

[3]) Zu *Isfâḏrûh* oder *Isfîdrûh* oder *Isfîdrûj*, d. h. weifses Kupfer, vgl. E. Wiedemann, Beiträge V, S. 403; es ist eine Art Bronze.

fällt die Kugel und man hört weithin einen Ton; dann fällt die Kugel auf den Boden des Bechers. Dieser hat eine Öffnung, die unter ihm nach dem Innern des Hauses verläuft; dorthin gelangt dann die Kugel. Wer mit dem Fallen der Kugel noch Bewegungen verbinden will, der kann das leicht.[1])

Zwischen den beiden Nischen bohrt man in die Wand 12 Kreise, in die man je eine Scheibe aus Glas einsetzt. Diese Scheiben befinden sich auf einem Halbkreis, dessen konvexe Seite nach oben gerichtet ist. Sein Radius beträgt $1^3/_4$ Sp. Dann stellt man in der Mitte des unteren Endes der Wand zwei Trommler auf, vor denen je eine Trommel aus Kupfer sich befindet. Jede trommelnde Hand hat eine Achse (Fig. 30) in ihrem Ellenbogen; die Achse ist in dem Ärmel des Hemdes befestigt, die Hand kann sich dann nach oben und unten bewegen. In der Hand hält der Trommler einen Klöppel, mit dem er die Trommel schlägt. Ein Fortsatz des Unterarms geht als Stab in das Innere der Wand in einem länglichen Schlitz von oben nach unten, um die Hand in dieser Richtung bewegen zu können. Ferner macht man einen Mann, der in der Hand eine Zymbel (*Ṣang*) hält; seine rechte Hand bewegt sich nach oben und unten, wie die Hand der Trommler. Sein Rücken ist mit der Wand verbunden, der Fortsatz seines Unterarmes tritt in einen Spalt in der Wand. Dieser Zymbelschläger steht links von den Trommlern.[2]) Dann stellt man rechts zwei Trompeter auf, jeder hat in seiner Hand eine Trompete, deren Ende sich in seinem Munde befindet.

Fig. 30.

Es steht bei *A*: Achse, um die sich die Hand bewegt; *B*: Überstehendes Stück des Vorderarmes des Trommlers.

Den Trompeter braucht man nicht abzubilden, da er keine Bewegungen ausführt, und der Ton der Trompete von einer anderen Stelle ausgeht.

Siebenter Abschnitt.

Über die Hilfsmittel für die Bewegung von allen bisher besprochenen Gegenständen,

nämlich den ersten und zweiten Türen, der Mondsichel auf dem Gesims der zweiten Türen und der Scheiben der Nacht. Ich will das kurz behandeln.

Man bringt an dem Haus eine Tür an, durch die man in dieses hineingehen kann. In seiner Mitte stellt man ein Becken aus Kupfer auf, in dem sich das aus dem Hauptbehälter austretende Wasser und noch mehr sammeln kann. Dann stellt man die Wasserapparate, d. h. den Hauptbehälter, den *Rubʿ* und den vorher beschriebenen *Dastûr* auf; der Behälter befindet sich auf der rechten Seite[3]) der Wand. Was aus dem Mündungsstück von Wasser fließt, fließt auf dem harten Boden zu dem Becken.

Für die Vorrichtung zum Bedecken und Entblößen der Glasscheiben macht man aus trockenem Holz eine ebene Scheibe, ähnlich einem Schild. Ihr Durchmesser

[1]) Solche Bewegungen finden sich bei später beschriebenen Uhren.

[2]) Rechts und links ist nicht von dem Beschauer, sondern von den Figuren an der Wand gerechnet.

[3]) Hier denkt sich der Verfasser im Innern des Hauses stehend, s. Fig. 38.

ist $3^1/_2$ Sp. und noch einen halben Fingernagel (*Ẓufr*) darüber, der Überschufs wird abgeschnitten; sie ist 2 F. dick. Dann ritzt man auf der einen Seite einen Durchmesser ein und zieht um den Mittelpunkt einen Kreis mit einem Durchmesser von $3^1/_3$ Sp. und einen zweiten mit einem Durchmesser von 2 Sp.. Dann zersägt man das Brett längs des Durchmessers, bis man an den Kreis mit 2 Sp. kommt, dann biegt man um, indem man der Kreislinie (mit 2 Sp. Durchmesser) folgt, bis man wieder an den Durchmesser gelangt, dann biegt man mit dem Schnitt in den Durchmesser bis zum Rand der Scheibe um, den abgesägten halben Kreisring entfernt man. (Fig. 31 gibt das Aussehen nach Durchführung des Schnittes.) Auf dem ersten Kreis steht *b*, auf dem zweiten mit einem Durchmesser von 2 Sp. *a*, auf den Enden des Schnittes *gg*. Die Spanne mufs festgelegt

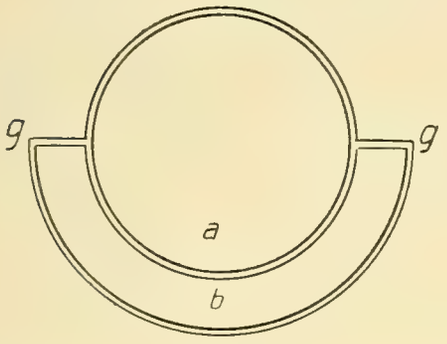


Fig. 31.

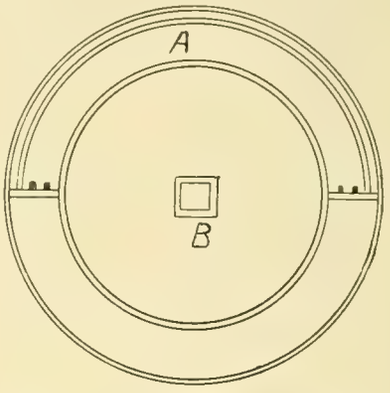


Fig. 32.

Es steht bei *A*: der eiserne Ring; *B*: Loch für das Ende der Achse.

werden, welche Länge sie auch an sich haben mag; man mifst sie auf einem Lineal ab und hebt dann dieses für spätere Zeiten zur Vergleichung auf.[1]) Dann nimmt man einen eisernen Ring (Kragen *Ṭauq*), der so breit ist, wie die Scheibe stark und der einen Finger dick ist. Er ist so lang, dafs er den Halbkreis umgibt, der den Durchmesser von $3^1/_3$ Sp. hat. Das sind $5^1/_2$ Sp.[2]) Man biegt den Kragen um den Kreis zu einem Halbkreis. Über die festgelegte Länge hinaus ragt auf beiden Seiten ein Stück vor, das man rechtwinklig umbiegt und auf die hölzerne Scheibe längs des Durchmessers annagelt (Fig. 32). Durch den Kragen wird der Kreis, von dem man ein Stück abgeschnitten hat, wieder zu einem ganzen Kreis ergänzt, der den Umfang des ursprünglichen hat. In seiner Mitte macht man eine viereckige Öffnung, in die das Ende der gleich zu erwähnenden Achse eingesetzt ist.

Man macht die Achse aus hartem Holz, sie ist entsprechend lang und kann von Daumen und Zeigefinger umspannt werden. Man hobelt ihr eines Ende viereckig zu, so dafs es in das Loch *B* in der Scheibe knapp geht und nicht über deren Fläche

[1]) *Riḍwân* benutzt seine eigene Spanne und so vielleicht auch *Gazarî* nicht die amtliche, daher die Bemerkung.

[2]) Hieraus sieht man, dafs *Gazarî* $\pi = \frac{22}{7}$ setzt, denn $\frac{22}{7} \cdot (3^1/_2) = 2 \cdot (5^1/_2)$.

heraustritt. An den Enden bringt man zwei eiserne Eicheln (*Ballût*) an, auf ihnen dreht sich die Achse. Auf dem halben Umkreis der Holzscheibe macht man eine Rille (*Nahr*), so dafs sie zu einer Art Rolle wird. Die Tiefe dieser Rille beträgt $^1/_2$ F., so dafs Rücken des eisernen Ringes und Boden der hölzernen Rille in ihrer gegenseitigen Fortsetzung liegen. Diese Scheibe setzt man dann auf zwei feste Pfeiler, die sich unter den Eicheln der Achse befinden, und beobachtet die Drehung des Ringes, während man sie mit der Hand dreht; ist eine Seite leichter, so beschwert man sie mit Blei, bis die Scheibe in jeder Stellung in Ruhe bleibt.

In der Wand bohrt man dann in der Mitte des Halbkreises der Glasscheiben ein Loch und führt in dieses die Eichel am Ende der Achse, auf dem sich die Scheibe befindet, soweit ein, dafs Scheibe und Wand sich fast berühren, doch darf die Wand die Scheibe nicht in ihrer Drehung hindern. Unter dem Ende der anderen Eichel bringt man eine feste Basis an. Ist dann der volle Halbkreis aus Holz oben, so bedeckt er die Glasscheiben von innen, ist aber der Eisenring oben, so sind die Scheiben nicht bedeckt. Dreht man die Scheibe allmählich, so bedeckt sie von den Glasscheiben eine der Umdrehung entsprechende Anzahl.

Dann nimmt man ein Brett aus hartem Holz, das so lang ist, wie die Wand breit ist, und an jedem Ende um 2 F. überragt. Es ist $^1/_2$ Sp. breit und wird vollkommen eben gemacht. Mit einer Seite wird es 2 F. unterhalb des Gesimses längs dieses an der Wand befestigt. Auf der anderen Seite bringt man einen Rand an, damit die auf dies Brett gestellten Gegenstände nicht herunterfallen. Dieses Brett, das einem Karnies (breiten Sims *Raff*) gleicht, heifst *Maidân al ʿAgala* „Bahn des Wagens“. Dann nimmt man ein 1 Sp. langes Stück harten Holzes, das fast oder ganz so breit ist wie die Bahn des Wagens. Es ist 2 F. dick und heifst der Wagen. An jedem Ende bringt man eine Ose und einen Ring an. Unten bohrt man in den Wagen vier Löcher und setzt in diese vier Rollen. Jede Rolle hat eine Achse, deren Enden an der Wandung des betreffenden Loches befestigt sind, damit der Wagen auf den Rollen läuft, sobald man nur leicht zieht. Setzt man den Wagen auf die Bahn, so ist seine Oberfläche in gleicher Höhe mit dem Gesims. Nun wird der Wagen an den Anfang der Bahn gezogen, so dafs seine Mitte mit dem Anfang des Spaltes in der Wand zusammenfällt. Dort soll sich die früher hergestellte Mondsichel befinden. Ihren umgebogenen Schwanz nagelt man auf dem Wagen fest. Die Sichel befindet sich dann gegenüber der ersten Türe, und nichts hindert sie an ihrer Bewegung. Dann nimmt man einen Faden aus Leinen (*Kattân*), färbt ihn, reibt ihn mit etwas Myrrhe ein und dreht ihn fest zusammen. Man nimmt von ihm etwa 6 Sp. und bindet sein Ende an den Ring hinten am Wagen. Der Faden wird dann über eine Rolle am Ende der Bahn geführt. Sein eines Ende hängt nach unten, an diesem wird ein Bleigewicht angebunden, das schwerer ist als der Wagen, damit dieser durch den Zug des Gewichtes nach rückwärts in seine Lage zurückkehrt, falls ihm nichts im Wege steht.

Einen anderen Faden bindet man mit seinem einen Ende an den vorn am Wagen befindlichen Ring, dieser Faden läuft längs der Bahn. Das andere Ende geht über eine Rolle am anderen Ende der Bahn.

Man dreht nun die eine Hälfte der Holzscheibe nach oben, so dafs alle Glasscheiben bedeckt sind, und bindet das Ende des Fadens an eine feste Öse auf dem Durchmesser der Scheibe an der Grenze des Eisenringes (s. Fig. 38). Der Faden soll

straff gespannt sein, dreht man dann die Scheibe um eine Gerstenkornbreite (ca. 3,5 mm) nach unten, so soll der Wagen um diese Strecke fortgezogen werden.

Dann bringt man auf dem anderen Ende der Achse eine hölzerne Scheibe an, die ebenso dick ist wie die erste und denselben Durchmesser hat. Man schneidet aber nichts von ihr ab, den über $3\,^1/_2$ Sp. überragenden Teil höhlt man aus.[1]) Der Durchmesser dieser Scheibe soll dem der ersten parallel stehen. In der Rille dieser Scheibe bringt man eine feste Öse an und zwar in der Richtung des Durchmessers, befestigt an ihr einen Faden und windet diesen einmal um die Rille der Scheibe; dieser Faden wird also anders befestigt als der Faden des Wagens an der ersten Scheibe. Dann geht der Faden nach dem Dach des Hauses über eine Rolle, die sich senkrecht über der Mitte des Hauptbehälters befindet. Dann geht das Ende des Fadens nach unten und wird in dem Ring des Schwimmers befestigt (s. Fig. 38).

Ist der Hauptbehälter mit Wasser gefüllt und der Schwimmer mit etwas Sand beschwert, den man in das Loch neben der Öse des Schwimmers getan hat — das Loch wird dann mit etwas Wachs verschlossen —, so zieht der Schwimmer am Faden, und die Scheibe dreht sich. Der Faden mufs ganz straff sein, damit, wenn der Schwimmer um ein Gerstenkorn sinkt, die beiden Scheiben sich um eine entsprechende Gröfse drehen und auch der Wagen sich um diesen Betrag bewegt. Ich habe früher angegeben, dafs das Wasser in dem Hauptbehälter $5\,^1/_2$ Sp. hoch steht und dafs $^1/_2$ Sp. Wasser sich am Boden des Behälters befindet, das den Schwimmer nach dem Ausfliefsen der für die Zeitmessung bestimmten Wassermenge trägt.[2])

Die Bahn der Sichel vor den Türen beträgt $5\,^1/_2$ Sp. und der Durchmesser der vollständigen Scheibe mit dem Eisenring beträgt $3\,^1/_2$ Sp. und ebenso ist es mit der zweiten Scheibe;[3]) macht diese Scheibe daher eine halbe Umdrehung, so zieht sie den Wagen um $5\,^1/_2$ Sp. vorwärts. Ist der Hauptbehälter mit der bestimmten Wassermenge gefüllt und der Ausflufs so geregelt, dafs diese vollständig während des betreffenden Tages ausfliefst, so mufs, wenn Wasser ausfliefst, der Schwimmer sinken und die Scheibe sich drehen. Sie dreht dann die zweite Scheibe und diese zieht den Wagen, entsprechend dem Sinken des Schwimmers und die Mondsichel wandert längs der Türen. So oft sie bei ihrer Wanderung eine Tür durchwandert hat und zwischen den Türen vor einem Pfosten steht, ist eine zeitliche Stunde verflossen und die Holzscheibe hat eine der Glasscheiben sich enthüllen lassen. Bei Tage hat man aber aus ihrer Enthüllung keinen Vorteil. Ihr Nutzen kommt in der Nacht in folgender Weise zur Geltung. Im Haus befindet sich eine angezündete Lampe. So oft ein Stück einer Scheibe frei wird, sieht man auf ihr von der Rückseite der Wand her Licht. Ist dieses auf der ganzen Fläche sichtbar, so ist von der Nacht eine zeitliche Stunde verflossen.

Dann macht man 12 Figuren (*Schachs*) aus Bronze oder Holz, jede ist so hoch, dafs sie die oberen Türen ausfüllt; sie können eine Gestalt haben, wie sie ihnen gerade der Künstler geben will. Die Figur hängt an der Mitte ihres oberen Endes an einer Öse oberhalb der Türe. An dem Rücken der Figur befindet sich eine bronzene Platte,

---

[1]) d. h. man versieht die Scheibe derart mit einer Rille, dafs deren Innendurchmesser $3\,^1/_2$ Sp. beträgt.

[2]) Oben waren andere Mafse angegeben.

[3]) Der ganze Umfang ist $\frac{22}{7} \cdot 3\,^1/_2 = 11$ Sp., der halbe also $5\,^1/_2$ Sp.

die gröfser ist als die Türe und die sie verhindert, aus der Türe herauszutreten. Dann nimmt man einen Stab aus Holz, der länger ist als die Breite der Wand. Man bringt ihn ober halb der Türen an und zwar steht er von der Wand um die Dicke der erwähnten Figuren ab. An diesem Stab (*kk*) befestigt

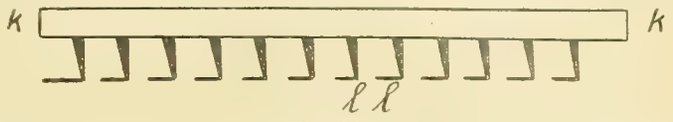


Fig. 33.

man gegenüber von jeder Türe einen eisernen Haken (*ll, Ġurâb*), der nach derjenigen Seite umgebogen ist, nach der der Wagen sich bewegt (Fig. 33).

Am unteren Ende der Platten (*p*) auf dem Rücken der Figuren bringt man fest einen glatten eisernen Stift (*s*) an, der die Länge eines halben Fingers hat (Fig. 34).[1])

Diese Figur stellt eine unter Benutzung der Angaben des Textes durchgeführte Rekonstruktion des Mechanismus der Türen dar; und zwar: *A* eine Rückansicht vor und *B* eine solche nach dem Ablauf der betreffenden Stunde. *C* ist ein Schnitt längs der strichpunktierten Mittellinie von *A*. *D* ist eine Draufsicht auf die Türen T_1 entsprechend *A* und *E* eine solche entsprechend *B*. Weiter ist: *a* die Achse des Gewichtes, *g* dieses selbst (vgl. Anm. zu Fig. 35). T_2 die von ihm vor Ablauf der betr. Stunde festgehaltene untere Türe. Da eine Angabe darüber fehlt, wie die Beschwerung der einen Türhälfte erfolgte, so kann man hierfür verschiedene Möglichkeiten ins Auge fassen. Die wahrscheinlichste Lösung ist wohl die in Fig. 34 durchgeführte. Sie besteht einfach darin, dafs man der Türe keilförmigen Querschnitt gibt. Es hat das zugleich den Vorteil, dafs, was *Gazarî* sicher beabsichtigte, nach dem Umschlagen der Türe die dann nach vorne stehende Fläche ebenfalls wieder nahezu senkrecht steht (vgl. die in *C* punktierten Linien), dies ist aber bei rechteckigem Querschnitt nur durch einen dem Anschlagstift entsprechenden Ausschnitt im leichteren Ende oder durch Anbringen der Achse etwas näher dem leichteren als dem schwereren Ende der Türe möglich. Von einem Ausschnitt erwähnt jedoch *Gazarî* nichts, und die zweite Möglichkeit widerspricht seinen Angaben. Die beiden letzten Lösungen hätten ferner den Nachteil, dafs die Türen nach dem Umschlagen nicht

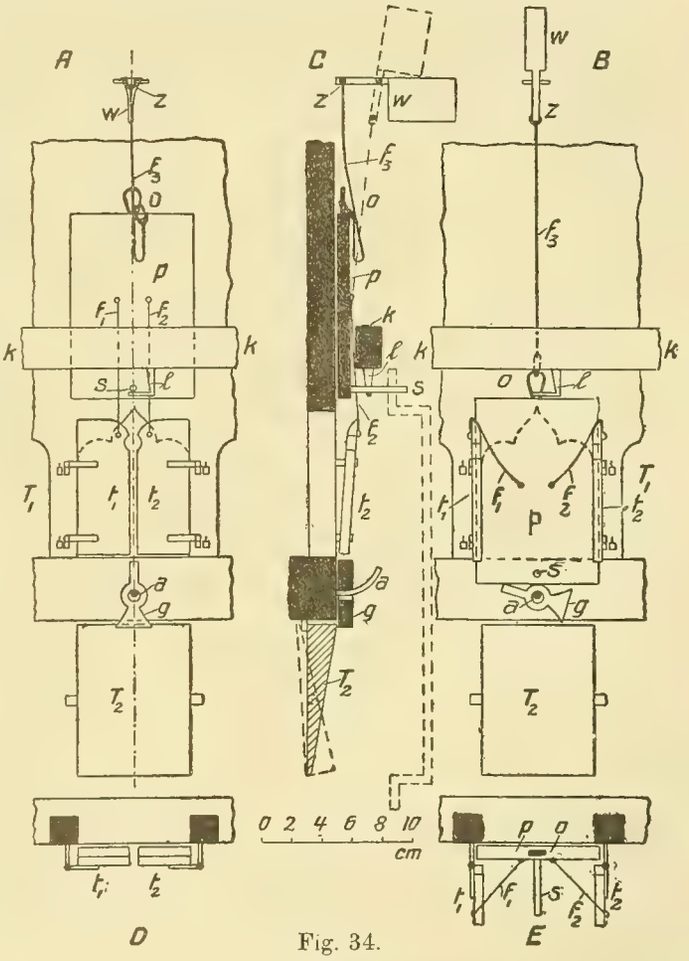


Fig. 34.

[1]) Diese Figur findet sich nicht im Text. Es scheint, als ob *Gazarî* diesen Mechanismus nicht ganz hat enthüllen wollen. Es ist fast die einzige Stelle, wo genaue Angaben fehlen, weshalb der Fig. 34 eine ausführliche Erläuterung beigefügt wurde.

sofort stille stehen, sondern hin und her pendeln würden. T_1 ist die obere Türe, t_1 und t_2 sind ihre beiden Flügel, und f_1 und f_2 die beiden Fäden, durch welche die Türflügel mit der Rückseite der Platte p verbunden sind. Da die Fäden dazu dienten, die Türflügel geschlossen zu halten, und deren Öffnung anscheinend durch ihr eigenes Gewicht erfolgte, so mufsten sie etwas nach rückwärts geneigt sein; um ein Aufsitzen der Platte (p) auf den Flügeln der Türe T_1 zu verhüten, waren diese jedenfalls oben entsprechend abgeschrägt (vgl. C). Auf der Vorderseite von p befand sich eine Figur. Diese ist daselbst jedenfalls in einer Vertiefung angebracht gewesen; schon um gegen Anstreifen geschützt zu sein. Von der am oberen Ende der Platte p befindlichen Öse o geht ein kräftiger Faden f_3 zu dem Schwanze z einer Klinge w. An der Rückseite der Platte p befindet sich unten ein Stift s, mit dem diese vor dem Ablaufen der betreffenden Stunde auf dem am Balken k befestigten Haken l aufsitzt. Wie man aus der Figur ersehen kann, ist der Stift s nicht so lang, dafs ein ihn nach Ablauf der betreffenden Stunde von dem Haken abstreifender gerader Stab am Wagen ungehindert an dem Türflügel t_1 der Türe T_1 (an dem Türflügel t_2 geht er noch vor der Öffnung der Türe vorbei) nach deren Öffnung vorbeistreichen kann. Da *Gazarî* nun in dem folgenden Kapitel bei einer ähnlichen Konstruktion von einer Krümmung des Stabes vom Wagen spricht, so kann man eine solche auch hier annehmen. Sie mufste schon deshalb vorhanden gewesen sein, damit der Stift (s) der Platte (p) nach deren Herabfallen von dem Stab freikam. Der Stab hatte jedenfalls die unter C gestrichelt gezeichnete Form. Beim Herunterfallen wurde die Platte p jedenfalls durch Leisten oder Stifte geführt, so dafs sie sicher zwischen die Angeln der Türe T_1 gelangte (vgl. C). Entsprechend der in Fig. 34 gegebenen Skizze wurde ein Modell des ganzen Mechanismus hergestellt, welches sehr gut funktioniert. Nur hat es sich gezeigt, dafs das Gewicht g nur dann sicher durch die auftreffende Platte p umgelegt wird, wenn es von Anfang an etwas schräg steht. Um eine entsprechende Schrägstellung des Gewichtes sicherzustellen, war jedenfalls auf der Rückseite der Türen T_2 ein entsprechender Anschlagstift.

Ist die Figur in die Höhe gehoben und der Stift (s) auf den Haken (l) gesetzt, der jeder Türe gegenüber steht, so ist sie am Kopf über der Türe aufgehängt und an den Füfsen durch den Stift auf dem Haken festgehalten. Die Türflügel (t_1 und t_2) werden an jeder Türe (T_1) durch zwei dünne Fäden (f_1 und f_2) festgehalten, die an ihnen und an dem Rücken der Figur befestigt sind. Stöfst man den Stift von dem Haken, nach der Seite, nach der der Wagen wandert, so fällt die Figur herab und dadurch öffnet sie die Türflügel und hindert sie zugleich am Zurückgehen. Sie bleibt stehen, als ob sie von oben nach unten erschienen wäre. An jeder der 12 zweiten Türen ist ein längliches Eisengewicht (g, s. auch Fig. 35) angebracht, dessen eine Hälfte (b) schwerer als die andere (c) ist; man bohrt in dessen halber Höhe in der Mitte ein Loch. In dem Loch bringt man eine Achse (a) an. Eine solche ist quer in der Wand (d. h. senkrecht zu dieser) oberhalb jeder der zweiten Türen (T_2) befestigt. Die schwerere Hälfte ist [in ihrer natürlichen Lage] nach unten gerichtet und hängt auf die Rückenseite der Tür (T_2) herab, die leichte Hälfte steigt über die über dieser Tür gelegenen Teile empor. Hebt man den schweren Teil des Gewichtes von der Tür (T_2) ab in die Höhe, hebt man ferner den schweren Teil der Tür (T_2) selbst in die Höhe und bringt auf ihm das Gewicht an und setzt die Figur auf der Platte (p), die über dieser Türe sich befindet, mit ihrem Stift auf den Haken, so hindert das Gewicht die Rückkehr des schwereren Endes der Tür (T_2) nach unten. Fällt die Figur, die auf den Stift aufgesetzt ist, herunter, so drückt das untere Ende der Platte, die sich auf deren Rücken befindet, auf das dünne Ende des Gewichtes; es hebt sich das schwere Ende von der Türe (T_2), diese stürzt dann um und erscheint mit einer anderen Farbe.[1]) So ergeht es allen Türen durch die Gewichte.

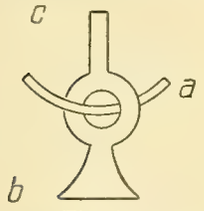


Fig. 35.

Anscheinend um das Umschlagen des Gewichtes (vgl. Fig. 34) beim Auftreffen der Platte zu erleichtern, war der Durchmesser der Durchbohrung gröfser als der der Achse. Sicherer wäre diese Absicht durch eine Schrägstellung oder Krümmung des dünneren Teiles des Gewichtes, oder durch eine Schrägstellung des ganzen Gewichtes oder durch einen Anschlagstift erreicht worden (vgl. den Schlufs der Erläuterung zu Fig. 34).

[1]) Und zwar mit dem Spruch: Die Herrschaft ist bei Allah.

Dann macht man ein Holzstück (ab), das so lang ist wie die Wand breit (Fig. 36). Es ist quadratisch und hat 4 F. Seitenlänge. Man zeichnet nun auf einer Seite 12 senkrechte Linien, die gleich weit voneinander abstehen, und bohrt auf jeder Linie zwei voneinander getrennte Löcher ($g\,g$) (s. auch Fig. 36a), die so grofs sind, dafs die für den Falkenkopf bestimmte Kugel leicht in sie hineingeht. Von dem Loch aus höhlt man eine Grube ($d\,d$) aus, die nach dem Loch zu geneigt ist; sie ist so weit, dafs in sie eine Kugel hineingeht. Alle diese Gruben sind auf der ganzen Länge des Holzes nach einer Seite geneigt. Dann macht man neben je zwei Löchern einen Schlitz in die Quere, der so tief ist, dafs in ihn sich eine feine eiserne Klinge (*Schafra*) einsetzt; diese bildet eine Scheidewand zwischen je zwei Kugeln, die in die zwei Gruben eingelegt sind, und den zugehörigen zwei Löchern. Tritt die Schneide aus dem Schlitz heraus, so laufen die zwei in den Löchern befindlichen Kugeln herunter. Von den Klingen (w) ist nur eine abgebildet; sie besteht aus Eisen und ist so lang, als das Holz breit ist; ihr Schwanz (z) ist 1 F. lang. Zwischen der Klinge und dem Schwanz (z) befindet sich ein Loch mit einer Achse in einem Spalt des Holzes, an diesem ist die Achse befestigt, um sie dreht sich die Klinge. Der Schwanz ist durchbohrt. Das Holzstück wird parallel zu demjenigen, an dem die Haken befestigt sind, angebracht, aber um 1 Sp. höher; es steht auch weiter von der Wand ab. Die Schwänze der Klingen liegen nach der Wand zu und entsprechen in ihrer Lage den Mitten der Türen. Das Loch in dem Schwanz einer jeden Klinge und den untersten[1]) Teil der Platte auf der Rückseite der Figur, die dem Schwanz der Klinge gegenübersteht, verbindet man durch einen festen Faden (f_3, Fig. 34). Sitzt die Figur mit dem Stift auf dem Haken, so ist der Faden schlaff. Die Klinge ist aber schwerer als der Schwanz, daher setzt sie sich in den Schlitz im Holz und hindert die Kugeln am Herabrollen. Fällt dann die Figur vom Haken herunter, so zieht sie am Schwanz der Klinge nach unten, die Klinge hebt sich aus dem Schlitz; dann bewegen sich die Kugeln in die Löcher, da die Gruben nach den Löchern geneigt sind. Dann fallen die Kugeln in die gleich zu beschreibenden Vorrichtungen. Man macht ein Holzstück (ab, Fig. 37) von der

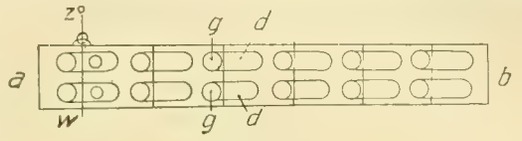


Fig. 36.

Fig. 36a.

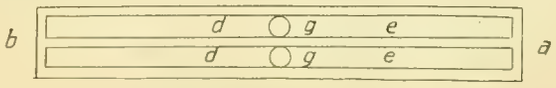


Fig. 37.

[1]) Da es im vorhergehenden Text heifst „die Figur hängt an der Mitte ihres oberen Endes an einer Öse oberhalb der Türe“, ferner „Ist die Figur in die Höhe gehoben ... so ist sie am Kopf über der Türe aufgehängt und an den Füfsen durch den Stift auf dem Haken festgehalten“, so wäre es verständlicher, wenn es hier hiefse „dem oberen Teil“, zumal da in dem vorhergehenden Text keine Angabe darüber gemacht ist, wo die Figur eigentlich mit ihrem oberen Ende aufgehängt ist. In Fig. 34 wurde deshalb auch eine Verbindung mit der oberen Öse (o) dargestellt, was auch der Zeichnung in der Handschrift Leiden 1025 entspricht. Die zeichnerische Darstellung des Mechanismus der Türen durch *Gazarî* (vgl. Fig. 38) ist im Gegensatz zu seinen sonstigen Zeichnungen ziemlich unklar (vgl. Anmerkung zu Fig. 34).

Gestalt dessen, in dem sich die Löcher befinden, aber dicker. Eine seiner Flächen ist konvex; auf der ebenen Fläche, die der konvexen gegenüberliegt, zieht man eine gerade Linie. Diese teilt man in zwei Hälften. In der Mitte macht man zwei Öffnungen (*gg*) so grofs, dafs die Kugeln in sie hineingehen. In jede Hälfte des Holzes macht man eine Rinne, die nach der Mitte geneigt ist, damit, wenn man zwei Kugeln auf den Enden des Holzes in die beiden Rinnen legt, diese nach den beiden Öffnungen in der Mitte rollen und durch diese hinabgehen. Ebenso rollen, wenn man zwei Kugeln auf das andere Ende des Holzes in die beiden Rinnen legt, diese in die Mitte und treten aus den beiden Öffnungen aus. Die Rinnen, die von dem Ende bei (*b*) nach den Löchern in der Mitte gehen, sind (*dd*); diejenigen, die von dem Ende (*a*) eben dahin gehen, sind (*ee*). Dies Holz befestigt man unter dem mit den Löchern versehenen Brett parallel zu ihm und verbindet es mit ihm. Fallen dann aus irgend zwei Löchern in dem oberen Holz zwei Kugeln in die beiden Rinnen des unteren Holzes, so rollen sie in diesem nach der Mitte und treten aus den beiden Öffnungen (*gg*) aus.

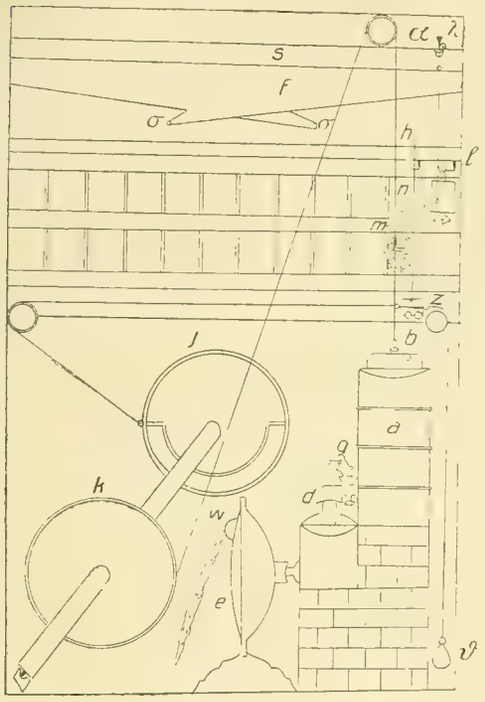


Fig. 38.

Unter jeder Öffnung (*gg*) bringt man eine Kupferrinne an, die nach dem oberen Teil je einer Nische geht, und befestigt sie dort. Nun ist klar, dafs, wenn die beiden Kugeln aus *gg* in die beiden Kupferrinnen gelangen, nicht eine der anderen voraus eilt, so dafs sie (zeitlich) getrennt werden. Sie stofsen vielmehr gleichzeitig auf die beiden Falken.

Auf dem Rücken des Wagens errichtet man einen an ihm befestigten Stab, der höher hinaufreicht als die Haken, auf die die Figuren sich aufstützen. Bewegt sich der Wagen, während die Figuren auf den Haken aufsitzen, so stöfst der Stab das Ende des Stiftes der Figur von dem Haken und die Figur fällt herunter. So geht es Stift für Stift, bis der Wagen bei seiner Bewegung bis zum Ende der Bahn gelangt, dann hat er alle Stifte von ihren Haken heruntergestofsen. Die Fig. 38 gibt die Gesamtanordnung:

a ist der Hauptbehälter, *b* der Schwimmer *I*, *g* der Hahn, dessen Ende nach unten nach der Mitte des *Rubʿ* zu umgebogen ist, *d* ist der Vorsprung an dem Schwimmer *II*, der in den umgebogenen Teil des Hahnes emporsteigt, *e* der auf einer Basis aufgestellte *Dastûr*, *w* ist das auf dem *Dastûr* angebrachte Mündungsstück, aus dem das Wasser austritt. *z* ist der Wagen, *h* der Stab auf seinem Rücken, der die Stifte von den Haken herabstöfst, *ϑ* ist das Gewicht hinten am Wagen, *j* die durch den Ring ergänzte Holzscheibe, *k* ist die ganz aus Holz bestehende kreisrunde Scheibe. Auf dem Umfang

ihrer Rille ist ein Faden angebracht, der zu einer Rolle am Dach des Hauses geht, dann herabläuft und mit dem Ring an dem Schwimmer *I* verbunden ist.

Abgebildet ist ferner eine Türe an ihr befindet sich der Rücken der Figur, an dessen unterem Ende sich ein Stift befindet, mit dem er auf dem Haken (*l*) aufsitzt. *m* ist ein Brett an einer Türe *II*, oben befindet sich ein Gewicht (*n*), das es daran hindert, nach innen zurückzukehren. Das Holz für die Kugeln ist *s*. *α* ist eine Klinge, die die Kugeln (*λ*) daran hindert, in die beiden Löcher zu rollen, *f* ist das Holz, auf das die Kugeln fallen. *σ* sind die in der Mitte verbundenen Rinnen, die zu den Spitzen der Nischen gehen. Die Figur gibt ein Bild vom Innern des Hauses. Innen gibt es auch Dinge, die wir hier nicht abbilden können; wir behandeln sie für sich.

Nun ist folgendes klar. Der Behälter *a* ist mit der bestimmten Wassermenge zu Tagesbeginn gefüllt, der Schwimmer (*b*) ist auf der höchsten Stelle und die nicht ausgeschnittene Holzscheibe (*j*) oben, der Wagen am Anfang der Bahn und an ihm ist das Gewicht (*ϑ*) befestigt, das ihn nach rückwärts zieht; die 12 Figuren sind nach oben gehoben und auf die Haken (*l*) aufgesetzt; alle Schneiden (*α*) sind in die Einschnitte des Holzes für die Kugeln eingesetzt und in jede Grube ist eine Kugel (*λ*) eingesteckt, die unteren Türen sind umgekippt, wobei das schwere Ende jeder Türe nach oben gerichtet ist, festgehalten durch das Gewicht. Alle Türen haben gleiche Farbe. Ferner ist der Verlauf des Wasseraustrittes für diesen Tag nach dem Stand der Sonne geregelt. Der Hahn (*g*) am Behälter (*a*) ist geöffnet, der *Rubʿ* gefüllt. Tritt dann das Wasser aus dem Mündungsstück aus, so sinkt der Schwimmer (*b*) und zieht an dem Faden; dadurch dreht sich die Scheibe (*k*) und dadurch auch die durch den eisernen Ring ergänzte Scheibe (*j*). Der Wagen wandert mit der Mondsichel und dem Stab *h*. Hat die Mondsichel eine Türe überstrichen und ist in die Mitte eines Pfostens gekommen, so stöfst der Stab an den Stift, die Figur fällt, die Türflügel öffnen sich, das Gewicht wird von der Türe *II* emporgehoben, und deren Farbe geht in eine andere über. Zugleich hebt sich die Schneide aus ihrem Schlitz, die beiden Kugeln fallen in die zwei Rinnen aus Holz. Jede Kugel geht dann in einer solchen zu dem Kopf eines Falken, diese neigen sich, bis die Kugeln aus den Schnäbeln auf die Zymbeln fallen. Dann hört man weithin einen Ton. Die Falken kehren in ihre Lage zurück und die Kugeln rollen durch besondere Röhren ins Innere der Wand. So geht es Stunde für Stunde, bis 12 Stunden bis zum Sonnenuntergang verflossen sind. Dann gieſst man das Wasser wieder in den Behälter, dreht den Zeiger auf den gegenüberliegenden Grad, läſst aber die Figuren, Türen und Kugeln in ihrer neuen Lage. Dagegen dreht man die Scheibe, so daſs die Glasscheiben bedeckt sind und zündet die Lampe an. Bei der Nacht genügen die Glasscheiben. Von der ersten Scheibe leuchtet zunächst ein gerstenkorngroſses Stück, dann nimmt dies Licht zu, bis die Glasscheibe vollständig leuchtet.

Achter Abschnitt.

Über die Vorrichtungen, die die Bewegungen der Hände, der Trommler und des Zymbelisten und den Ton der Trompeter vermitteln.[1])

Man nimmt eine kupferne Achse, die um $^1/_2$ Sp. länger ist als der Abstand zwischen der Hand des Zymbelisten und den Händen der Trommler. Nahe an ihrem Ende bringt man ein Rad mit Schalen (*d*, Fig. 39) an, ähnlich Löffeln (*Miġraf*). Fliefst auf diese etwas Wasser, so dreht sich das Rad. Man errichtet zwei feste Pfeiler unter den Enden der Achse, so dafs die Achse parallel zu den Händen der Trommler und derjenigen des Zymbelisten liegt. Das Rad liegt aufserhalb des Endes ihrer Ellbogen (Unterarme) nach der Seite der Trompeter zu; es ist das die rechte Seite. Dann bringt man auf der Achse gegenüber einer jeden Hand Stifte (*g*) (*Schaẓîja*) an. Dreht sich die Achse, so drücken die Stifte die Vorsprünge an den Ellbogen nieder. Dann lösen sie sich von den Vorsprüngen. Die Hände heben sich von den Trommeln ab und fallen auf sie wieder herunter und ebenso ist es bei der Zymbel. Für die rechten Hände der Trommler sind je zwei Stifte, für die linken je ein solcher angebracht, damit die Trommelschläge (*Nagra*) zu verschiedenen Zeiten erfolgen und so die Harmonie (*Ĵqâ'*) vollkommen ist. Der Zymbelist hat drei Vorsprünge, von denen zwei nahe aneinanderliegen.

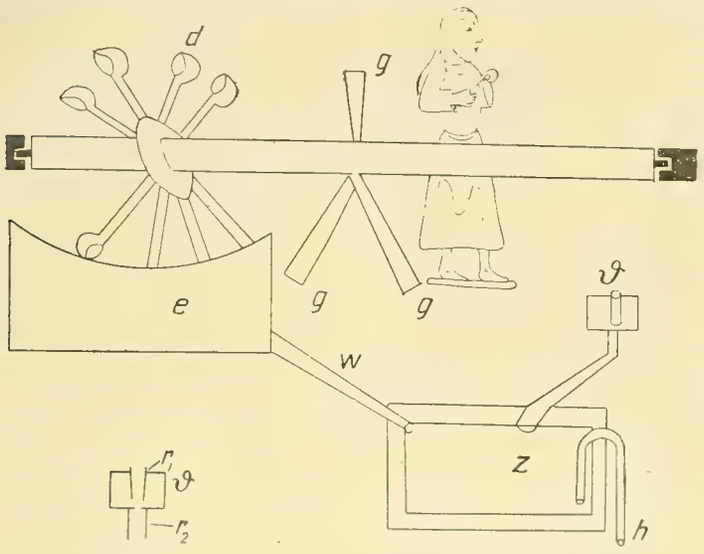


Fig. 39 a. Fig. 39.

Die gegenseitige Lage der einzelnen Teile entspricht hier zum Teil nicht den tatsächlichen Verhältnissen; doch ist diese aus dem Text zur Genüge zu erkennen.

Unter dem Rade (*d*) stellt man auf einer festen Unterlage einen kupfernen Trog (*Ḥaud*) (*e*) auf, der von der Erde bis in die Nähe der Schalen des Rades reicht. Das aus den Schalen des Rades kommende Wasser fällt in diesen Trog. Unter ihm steht ein kupferner Kessel (*Qidr*) (*z*), der etwa so hoch ist, wie die Unterlage unter dem Trog; er ist so grofs, dafs er das in drei Stunden, wie sie dem Anfang des Krebses entsprechen, austretende Wasser fafst. Dann macht man ein dünnes Kupferrohr (*h*), das länger ist als dieser Kessel hoch ist. Man biegt es etwa in der Mitte

[1]) Bei den Angaben „rechts“ und „links“ denkt sich der Verfasser bald vor, bald hinter der Uhr stehend. Ob das eine oder andere der Fall ist, ergiebt sich ohne weiteres aus den Figuren.

so um, daſs seine beiden Enden sich beinahe berühren. Ein Ende soll etwa um ein halbes Glied länger sein. Man nennt dies Rohr (*Maqallab*), d. h. das umgewendete oder ägyptische *Saḥḥâra*[1]) (groſse Zauberin), d. h. Heber. Dann macht man eine Öffnung am Rande des Kessels, führt die Biegung (*Ḥanîja*) des Hebers (*h*) in sie ein, wie die Fig. 39 zeigt. Das äuſsere Ende des Hebers liegt tiefer als der Boden des Kessels. Man lötet den Heber in dieser Lage fest. Den Kessel lötet man wasser- und luftdicht zu und setzt ihn auf den Boden neben die Basis, auf der sich der Trog des Rades befindet, so daſs der Deckel des Kessels und der Boden des Troges in derselben Ebene liegen. Das Heberende liegt nach der Seite eines in dem Hause befindlichen Beckens. Das aus dem Heber austretende Wasser gelangt auf den festen Boden und dann in das Becken. Den Boden des Troges und den Deckel des Kessels verbindet man durch ein Rohr (*w*),[2]) dessen Enden gut befestigt werden. Dies Rohr ist etwas weiter als der Heber.

Dann nimmt man ein Rohr, das $^2/_3$ F. (Querfinger) lang ist und so weit, daſs man es mit dem Daumen und Zeigefinger umspannen kann; es hat dann die Gestalt einer Büchse (*ϑ*). An seinen Enden befestigt man zwei Deckel. In die Mitte des einen Deckels macht man einen Schlitz von der Gestalt des menschlichen Auges, aber kleiner. Dann nimmt man ein Stück eines Kupferrohres von $^1/_3$ Zeigefingerlänge und so leicht als möglich. Man hämmert es so lange, bis es statt seiner runden Gestalt die des Auges annimmt. Man schiebt es beinahe an den Boden der Büchse und lötet es am Spaltrande fest. Das in diese Büchse hineingehende Ende ist etwas enger als das an dem Schlitz angelötete. Es soll so leicht wie möglich sein. Dann macht man in der Mitte des anderen Deckels ein feines Loch und lötet auf dieses ein Rohr,[3]) das so lang ist, daſs es von dem Zwischenraum zwischen den Trompetern bis zu dem Kessel reicht. Dann macht man in die Wand einen Spalt zwischen den Trompetern und fügt in ihn das Ende der Büchse ein; sie soll nicht nach auſsen über die Wand vorragen. Weiter macht man im Deckel des Kessels ein Loch und verbindet das Loch mit dem unteren Deckel der Büchse durch ein Rohr. Man prüft nun die Verlötungen des Deckels und das, was mit ihm verbunden ist, daraufhin, ob die Luft nicht irgendwo anders als durch das Rohr aus der Büchse getrieben wird. Aus der Büchse hört man den Ton.

Nun hämmert man ein Stück Kupfer zu einem länglichen Trog *II*, der vier Finger hoch ist und so weit, daſs er so viel Wasser faſst, als aus dem Mündungsstück in 9 Stunden austritt, und zwar in solchen, wie sie dem Anfang des Krebses entsprechen (Fig. 40). In die eine Wand dieses Troges macht man in der Nähe des Bodens (*b*) und in der Mitte ein Loch und lötet daran ein Rohr (*σ*) ähnlich einem

---

[1]) Zu *Saḥḥârra* vgl. Beiträge VI, S. 31 f.

[2]) An der Figur findet sich am Rohr *w* in der Oxforder Handschrift folgende Bemerkung:

„Es irrt der Verfasser in der Abschrift, die an dieser Figur an dieser Stelle überliefert wird. Denn bei jedem Kessel, der für das Flöten bestimmt ist, muſs die Röhre, durch die in ihn Wasser geschickt wird, mit ihrem Ende fast den Boden berühren und statt sich zu verengern, sich erweitern."

[3]) Fig. 39 a stellt einen schematischen Schnitt durch die Büchse (*ϑ*) mit dem eingelöteten Rohre (r_1) und dem angelöteten (r_2) dar.

Finger. Hierauf legt man auf den Boden des Troges an dessen Ecken vier Gewichte (*Sang*) aus Blei, die je einen Finger dick sind. Dann legt man eine Kupferplatte von der Gröfse des Bodens auf die Gewichtsstücke, so dafs man einen zweiten Boden erhält. Diesen Boden (*s*) teilt man der Quere nach in drei gleiche Teile durch Linien, längs deren man senkrechte Platten anlötet, die so hoch sind wie der Trog. Aus dem einen Trog werden so drei untereinander gleiche (*a, e, g*). Den ganzen Trog setzt man auf eine feste Unterlage. Das aus ihm austretende Rohr (*σ*) geht zu den Schalen am Wasserrad, das über dem Trog *I* (*e*, Fig. 39) sich befindet. In dem Boden eines jeden Teiles des Troges *II* macht man ein daumendickes Loch. Das Loch am ersten Teiltrog, es ist der dem Zymbelschläger benachbarte, soll in der Nähe des zweiten Teiltroges sein und das Loch des zweiten soll dem dritten nahe sein und das im dritten sich an dessen Ende befinden. Für jeden der Tröge macht man ein festschliefsendes eingeschliffenes (*maṯḥûn*) Ventil (*Bâb*) (*d, z, w*). Füllen sich die drei Tröge mit Wasser, so fliefst doch nichts auf den Boden des ursprünglichen Troges und gelangt daher auch kein Wasser aus der Röhre auf die Schalen des Wasserades. Hebt man den Verschlufs eines Ventils in die Höhe, so ergiefst sich das Wasser auf den Boden des ursprünglichen Troges und aus der Röhre auf die Schalen des Rades. An jedem Verschlufs (*Sidâd*) bringt man eine Öse an.

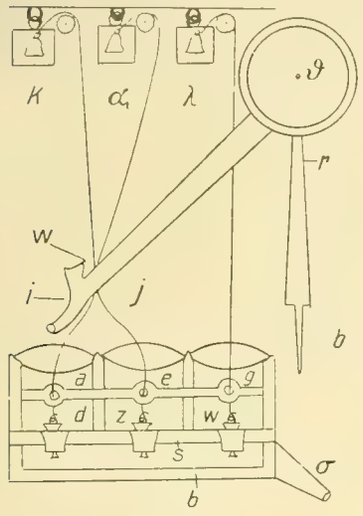


Fig. 40.

Die Grundfläche des Tellers ϑ steht in Wirklichkeit senkrecht zur Zeichenebene; er ist jedoch hier in diese hereingeklappt.

Dann nimmt man einen Kupferteller (*ϑ*) mit senkrechten Seiten und einem Durchmesser von $1^1/_2$ Sp. Auf seiner Mitte lötet man nach unten ein Rohr (*r*) von 1 *Fitr* (kleine Sp.) Länge an, das noch nicht fingerdick ist. Das an den Teller angelötete Ende ist enger als das andere. Dann nimmt man eine $2^1/_2$ Sp. lange eiserne Säule (*b*); ihr Ende ist so hergerichtet, dafs es sich in die Röhre auf dem Rücken des Tellers leicht einsetzt. Dies Ende macht man glatt, so dafs sich der Teller beim Drehen leicht darauf bewegt; das andere Ende wird in dem Erdboden vor dem *Dastûr* so fest aufgestellt, dafs es sich nicht bewegt. Die Röhre des Tellers wird aber auf das andere Ende geschoben. Der Teller sitzt horizontal auf der Säule und läfst sich drehen. Das Wasser, das aus dem Mündungsstück ausfliefst, gelangt in den Teller. In den Winkel des Tellers bohrt man nun ein Loch und lötet darauf eine feine Röhre (*j*), die bis zu der Mitte des ersten der drei Teiltröge reicht. Das Ende der Röhre liegt höher als der Trog und berührt ihn nicht.

Dann nimmt man ein etwa 1 Sp. langes Rohr (*i*), bohrt in dessen Mitte ein Loch bis in die Höhlung und setzt in dieses das mit dem Teller verbundene Rohr (*j*), so dafs es horizontal und quer zu ihm steht. Dann verstopft man das eine Ende dieses Querrohres, nämlich das, das sich auf der rechten[1]) Seite des Tellers befindet. Fliefst

[1]) Von dem Teller aus gesehen.

dann Wasser aus dem Teller durch das lange Rohr zu dem Querrohr, so gelangt es aus dessen geöffnetem Ende in den ersten Teiltrog, an einer in der Nähe des zweiten Troges gelegenen Stelle. Dreht man den Teller, so fliefst das Wasser in den zweiten und bei weiterem Drehen in den dritten Trog.

In jeden Teiltrog lötet man ein Querstück aus Kupfer ein, das man senkrecht über der Mitte des Verschlusses des Ventiles durchbohrt. Dann nimmt man einen kräftigen Faden, den man an der Öse des Verschlusses des ersten Troges (*a*) befestigt. Sein anderes Ende geht durch das Loch im Querstück und durch den Winkel (*W*) zwischen dem vom Teller kommenden Rohr und dem Querrohr; es ist dies der rechts von dem Teller und nach dem verschlossenen Ende zu gelegene Winkel. Dann führt man den Faden nach dem Dach des Hauses und über eine mit ihrer Gabel am Dach befestigte Rolle, das Ende hängt herunter. Man befestigt an ihm ein Bleigewicht (*k*), das schwerer ist als der Verschlufs des Ventils. Dann setzt man die sechste Figur auf ihren Haken auf und bringt das Gewicht auf ihrem Rücken an.[1]) Der Faden ist zu dieser Zeit nicht straff gespannt. Offenbar ist nun folgendes.

Das Wasser fällt aus dem Mündungsstück auf den Teller, fliefst in dem mit ihm verbundenen Rohr weiter, tritt aus dem Ende des zu ihm querstehenden Rohres (*i*) in den ersten Trog und füllt diesen in drei Stunden, dann fliefst es über den Rand des Troges auf der harten Erde zu dem Becken, bis sechs Stunden verflossen sind, dann fällt die Figur von dem Haken, damit fällt das Gewicht an ihrem Rücken. Dies ist aber schwerer als das Verschlufsstück, es zieht dieses nach oben, bis ihm das Querstück im Trog ein Hindernis in den Weg stellt. Das Wasser fliefst dann durch das eingeschliffene Ventil (*d*) auf den Boden (*b*) des ursprünglichen Troges, gelangt durch die Röhre (*σ*) auf die Schalen des Rades. Es setzt dieses in Bewegung und dadurch die Hände der Trommler und des Zymbelisten. Das Verbindungsrohr zwischen dem Trog des Rades und dem Kessel wird nun durch das Wasser abgesperrt und die Luft im Kessel zu dem Rohr mit der Büchse getrieben. Dann flötet die Flöte kräftig; man glaubt, dafs der Ton von den Trompeten kommt. Ist der Kessel voll und erhebt sich das Wasser über die Biegung des Hebers, so tritt das Wasser in den Heber ein und fliefst nach dem Becken. Der Faden des Verschlusses läuft über den Winkel *W*, das Gewicht ist nun vom Rücken des Mannes gefallen, der Verschlufs zieht an dem Faden und zwar in gerader Richtung, dann dreht sich der Teller und das mit ihm quergestellte Rohr und das Wasser ergiefst sich in den zweiten Trog (*e*). An der Öse des Verschlusses des Ventils (*z*) im zweiten Trog zieht ein Faden, er geht in die Höhe, tritt in das Loch in dem Querstück des Troges, dann geht er zusammen mit dem ersten im Winkel (*W*) in die Höhe, dieser Faden ist zunächst schlaff. Dann geht er über eine Rolle am Dach des Hauses und hängt endlich herab. An seinem Ende ist ein Gewicht (*α*) auf dem Rücken der neunten Figur befestigt. Die Sache verläuft wie beim ersten Trog und der sechsten Figur. Ebenso wird mit dem dritten Trog und der 12. Figur (Gewicht *λ*) verfahren. Dieser Faden geht aber nicht durch den Winkel. Das ist nicht nötig.

---

[1]) Das Bleigewicht wird jedenfalls oben auf die die Figur tragende Platte aufgesetzt, da von einer Aufhängevorrichtung nichts gesagt ist (an einer anderen Stelle heifst es „legt . . . auf").

Die Sache wickelt sich nun folgendermafsen ab (nachdem alles richtig aufgestellt ist).

Das aus dem Mündungsstück fliefsende Wasser fällt auf den Teller ϑ, dann in den ersten Trog *a*. Dieser füllt sich in drei Tagesstunden, dann fliefst das hinzukommende Wasser auf einer Seite über den Trogrand nach dem Becken. Fällt die Figur von dem Haken, so fällt mit ihr auch das Gewicht *k*, zieht an dem Faden, öffnet das Ventil (*d*), der Faden wird straff und dreht den Teller (ϑ) mittels des Rohres; das Wasser fliefst dann in den Trog *e* usw. Sind 12 Stunden vollendet, in denen sich die Mondsichel, die Röhren, die Figuren, die Falken bewegt haben, so fällt das Gewicht (λ) von dem Rücken der 12. Figur, zieht an dem Faden und öffnet das Ventil (*w*) des Troges *g*; aus ihm fliefst das Wasser aus, die Trommler, Zymbelschläger, Trompeter tun ihren Dienst, wie in der 6. und 9. Stunde.

In der Nacht verfährt man folgendermafsen. Nachdem alles richtig aufgestellt ist, setzt man die sechste und zwölfte Figur auf ihren Haken. Das mit dem Faden am ersten Ventil verbundene Gewicht hängt man auf den Rücken der sechsten Figur, das mit dem Faden am zweiten Ventil verbundene auf den Rücken der zwölften Figur, also nicht wie bei Tage an den der neunten. Den Faden am zweiten Ventil bringt man auch nicht in den mehrfach erwähnten Winkel, da dies nicht nötig ist. Endlich zündet man die Lampe an.

Das Wasser fliefst aus dem Mündungsstück auf den Teller, dann in den ersten Teiltrog, dieser füllt sich in zwei Stunden für den Anfang des Steinbocks (die Mündungsöffnung steht tief); zwischen den zum Füllen nötigen Zeiten beim Krebs und beim Steinbock ist also ein Unterschied vorhanden. Das Wasser fliefst dann über den oberen Rand des Troges nach dem Becken. Nach 6 Stunden öffnet sich das Ventil, der Faden wird gespannt, der Teller dreht sich mit seinem Rohr und das Wasser fliefst in den zweiten Trog, hier spielt sich dasselbe ab, bis nach 12 Stunden in der Morgenfrühe (*Ṣabâḥ*) die zwölfte Figur nebst dem betreffenden Gewicht herunterfällt. Dann zieht der Faden, das zweite Ventil öffnet sich, die Trommler spielen wie in der sechsten Stunde. Dann sind alle Schalen erleuchtet, die Musik (*Naubât*)[1] hat ihre Tätigkeit für den Tag und die Nacht vollendet. Sie hat fünfmal gespielt, zu Mittag (*Ẓuhr*), *ʿAṣr*, *ʿIschâ*, Mitternacht und am Morgen.

Neunter Abschnitt.

Über die Herstellung des Zodiakus, der Sphäre[2] der Sonne und des Mondes.

Man hämmert ein Stück Kupfer zu einer runden Platte mit einem Durchmesser von 5 Sp. Um ihren Mittelpunkt *I* zieht man einen Kreis (k_1 Fig. 41 u. 42) von dem angegebenen Durchmesser. Man entfernt das über seinen Rand überstehende. Man

[1] *Naubât.* Eine Reihe von Mitteilungen über solche Musikkorps hat Blochet a. a. O. S. 218 mitgeteilt.

[2] Ich habe *Falak* mit „Sphäre" übersetzt, es sind die Kreisringe, auf denen die Tierkreiszeichen geschrieben und Sonne und Mond angebracht sind. Es sollen ja diese Ringe die entsprechenden Himmelssphären darstellen (s. oben).

macht dies so genau wie möglich. Dann graviert man auf der Rückseite seinen Durchmesser (*dd* Fig. 41) ein. Um den Mittelpunkt *I* zeichnet man (auf der Vorderseite)

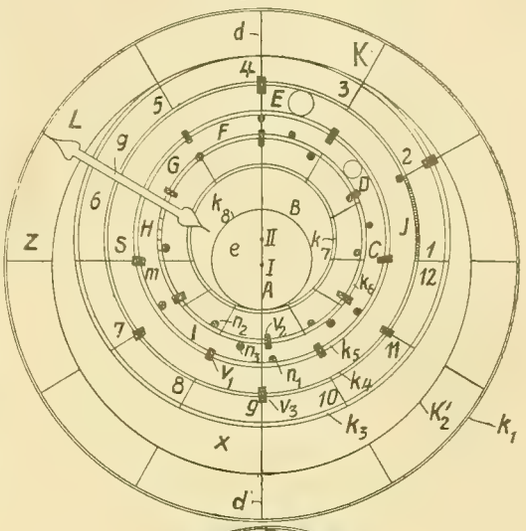
Zu Fig. 41.

Es steht bei *A*: Der Kreis, der in 360 Teile geteilt wird. Man teilt von ihnen aus die Tierkreissphäre; *B*: Die Scheibe; *C*: Nägel, die die Mondsphäre tragen; *D*: Mondscheibe; *E*: Sonnenscheibe; *F*: Sechs Vorsprünge der Tierkreissphäre, die sie am Heraustreten hindern; *G*: Sechs Vorsprünge, die die Mondsphäre am Heraustreten hindern; *H*: Teilung jedes Tierkreiszeichens in Fünfer; *I*: Diese sechs Nägel tragen den festhaltenden Hinterlegungsring; *J*: Teilung des Tierkreiszeichens in 30 Teile; *K*: Tierkreissphäre; *L*: dies ist einer der sechs Bögen, an dem man sieht, wie man deren Hörner auf der Tierkreissphäre und der Scheibe befestigt. — In dem rechten oberen Quadranten hat *Gazarî* versehentlich je einen zur Führung der Sonnensphäre gehörigen Nagel und Vorsprung auf die Kreise k_4 bezw. k_3 statt k_5 bezw. k_4 gesetzt.

Zu Fig. 41a.

Die Monde sind hier viel zu grofs gezeichnet im Verhältnis zu der Gröfse der Öffnung in der Mondsphäre in Fig. 41.

Fig. 41.



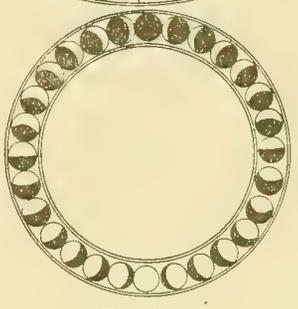


Fig. 41a.

Fig. 42.

noch einen Kreis (k_2 Fig. 42) mit 4 Sp. Durchmesser. Den Zwischenraum zwischen den beiden Kreisen teilt man in zwölf gleiche Teile. In jedem bildet man das entsprechende Tierkreiszeichen ab.[1]) Der erwähnte Durchmesser der Platte geht durch den Anfang des Krebses und Steinbocks. Auf diesem Durchmesser nimmt man einen Mittelpunkt *II* (Fig. 41) aufserhalb des ursprünglichen Mittelpunktes nach dem Anfang des Krebses hin. Der Abstand beider Mittelpunkte beträgt 5 Teile, falls der Durchmesser des gröfsten

[1]) Auf der Rückseite zeichnet man einen etwas gröfseren Kreis (k_2', Fig. 41), teilt den Zwischenraum zwischen k_1 und k_2' entsprechend dem zwischen k_1 und k_2 in zwölf gleiche Teile und schreibt in sie die Namen der auf der Vorderseite befindlichen Tierkreiszeichen.

Kreises 60 Teile beträgt. Das war nicht ursprünglich so, sondern entspringt meiner Erfindung; bei der Ausführung erweist es sich als etwas Schönes. Es hat dies den Zweck, dafs die Sonnenscheibe sich bei den nördlichen und südlichen Tierkreiszeichen erhebt bzw. senkt (*Irtifâ'* und *Inchifâḍ*) und ebenso der Mond usw.

Dann zog ich um den zweiten Mittelpunkt einen Kreis (k_4, Fig. 41 u. 42), der den Kreis (k_2) mit 4 Sp. Durchmesser an dem Anfang des Krebses in einem einzigen Punkt berührte; er war von letzterem am weitesten am Anfang des Steinbocks entfernt und stand an dem Anfang des Widders und der Wage gleichweit von ihm ab. Dann schneidet man mit dem Zirkel längs dieses Kreises die Scheibe durch, man erhält für den Zodiakus einen Ring, der nicht an allen Stellen die gleiche Breite hat.[1]) Dann zieht man um den Mittelpunkt *II* noch einen Kreis (k_5, Fig. 41 u. 42), der vom Rande der Scheibe 4 F. absteht, man schneidet solange mit dem Zirkel ein, bis man einen 4 F. breiten Ring erhält; er liefert die Sphäre der Sonne. Im Abstand von weiteren 4 F. zieht man noch einen Kreis (k_6, Fig. 41 u. 42) und erhält so die Sphäre des Mondes. Der Rest der Scheibe bleibt wie er ist. Für den Rücken der Mondsphäre *m* (s. Fig. 43) stellt man einen dünnen kupfernen Hinterlegungsring (r_1) (*Biṭâna*)[2]) her, er ragt nach innen um $^1/_2$ Nagelbreite über, während er an der Aufsenseite um $^1/_2$ Nagelbreite von dem äufseren Umkreis der Mondsphäre absteht; ebenso macht man für die Sonnensphäre (*s*) einen Hinterlegungsring (r_2), der innen und aufsen um einen halben Nagel übersteht. Man stellt die Hinterlegungsringe so sorgfältig wie möglich her und verlötet sie mit den Sphären. Am äufseren Rande des Hinterlegungsringes für die Mondsphäre bohrt man sechs einander gegenüberstehende Löcher, die bis zu der Vorderfläche der Sphäre reichen. In ihnen befestigt man je einen Nagel (n_1), der über den Hinterlegungsring vorsteht und mit der Vorderseite der Sphäre in gleicher Ebene liegt.

Nun legt man auf eine horizontale ebene harte Fläche die Scheibe (*e*), von der die Sphären abgeschnitten sind. Die Mondsphäre bringt man an ihre ursprüngliche Stelle, der vorstehende Teil des Hinterlegungsringes des Mondes fällt in diesem Falle auf den Rand der Scheibe. Dann bohrt man auf dem Umfang der Scheibe an dem Hinterlegungsring sechs Löcher, die einander gegenüberstehen und hämmert in ein jedes Loch einen Nagel (n_2), der auf der Rückseite vorsteht, vorne aber mit der Vorderfläche der Scheibe zusammenfällt. Die Mondsphäre dreht sich leicht auf den Nägeln. Zwischen je zwei Nägeln (n_2) bringt man dann einen Vorsprung (v_2) (*Schaẓîja*) an, dessen überstehender Teil an der Scheibe (*e*) auf einen Kreis innerhalb des Hinterlegungsringes fällt, aber nicht an diesem angelötet ist; diese Vorsprünge hindern den Hinterlegungsring, sich von der Scheibe zu entfernen. Dann bringt man die Sonnensphäre an ihre richtige Stelle im Verhältnis zur Mondsphäre. Der vorspringende Teil des Hinterlegungsringes der Sonnensphäre liegt auf dem Kreis der Mondsphäre. An ihrem Umfang bringt man, wie erwähnt, sechs Nägel (n_1) an, die rings um den äufseren Teil des Hinterlegungsringes der Mondsphäre liegen. Zwischen je zwei Nägeln bringt man einen Vorsprung (v_1) an, der an der Mondsphäre angelötet ist[3]) und auf

[1]) Es kommt dies daher, dafs die beiden Kreise verschiedene Mittelpunkte haben.

[2]) *Biṭâna* ist hier ein technischer Ausdruck, der nicht im Lexikon sich findet. Aus dem Folgenden gibt sich die Bedeutung als Hinterlegungsring.

[3]) Diese Vorsprünge können infolge der für die Hinterlegungsringe r_1 und r_2 auf *m* und *s* angegebenen Mafse nur dann auf der Mondsphäre (*m*) selbst angelötet gewesen sein,

dem inneren Teil des Hinterlegungsringes der Sonne aufliegt. Dreht man die Sonnensphäre für sich, so dreht sie sich leicht auf den Nägeln der Mondsphäre. Ihre Fläche löst sich nicht von derjenigen der Mondsphäre los. Man legt nun die Zodiakussphäre (z) an ihre Stelle im Verhältnis zur Sonnensphäre. Der vorspringende Teil der Sonnensphäre legt sich dann auf den Kreis der Zodiakussphäre. Auf letztere lötet

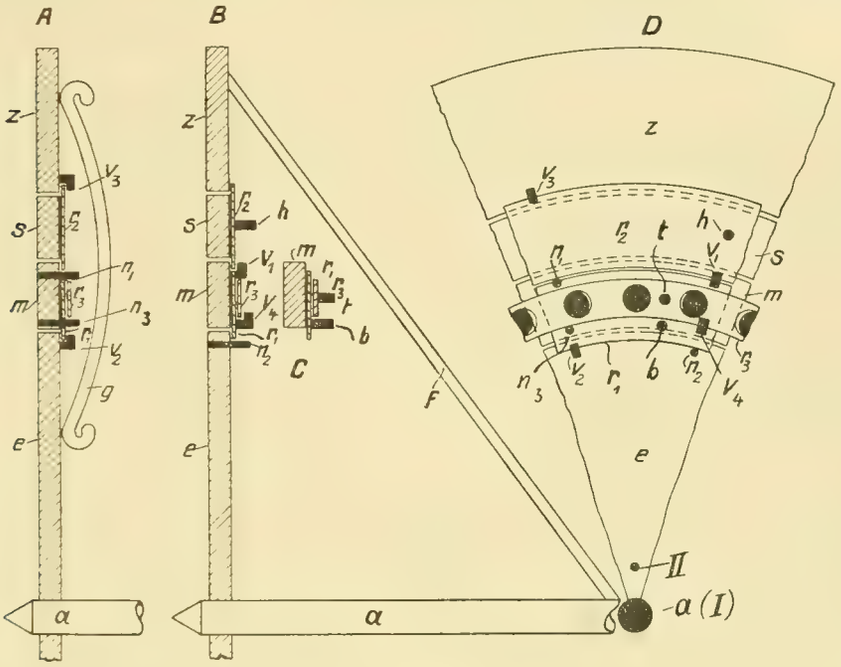


Fig. 43.

Diese Figur zeigt nach den Angaben des Textes und entsprechend Fig. 41 eine schematische Darstellung der Scheibe des Zodiakus und der Sonnen- und Mondsphäre. — Es ist A ein Schnitt durch die Scheibe, an dem man die Führung der Sonnensphäre (s) durch die am Zodiakus befestigten Vorsprünge (v_3) und die in der Mondsphäre befestigten Nägel (n_1) mittels des an die Sonnensphäre angelöteten Hinterlegungsringes (r_2) sieht. Ebenso erkennt man hier die Führung der Mondsphäre (m) mittels des an sie angelöteten Hinterlegungsringes (r_1) durch die Vorsprünge (v_2), welche an die auf der Achse (a) befestigte mittlere Scheibe (e) angelötet sind. Ferner zeigt dieser Schnitt die Führung des Phasenringes r_3 durch die in der Mondsphäre (m) befestigten Nägel (n_3). Endlich sehen wir hier noch die feste Verbindung des Zodiakus (z) mit dieser Scheibe (e) durch die Bogen (g). — Der Schnitt B zeigt die Führung der Sonnensphäre (s) durch die an der Mondsphäre (m) bezw. deren Hinterlegungsring (r_1) angelöteten Vorsprünge (v_1) mittels des Hinterlegungsringes r_2, die Führung der Mondsphäre (m) durch die in der Scheibe (e) befestigten Nägel (n_2) mittels des Hinterlegungsringes r_1 und die Führung des Mondphasenringes (r_3) durch die an dem Hinterlegungsring (r_1) angelöteten Vorsprünge (v_4). Ferner sehen wir hier eine der zur Drehung der Sonnensphäre dienenden Handhaben (h) sowie die Versteifung der ganzen Scheibe mit der Achse (a) durch die Stäbe (f). — C ist ein Schnitt durch die Mondsphäre (m) allein, der die Anbringung eines zur Verdrehung des Phasenringes dienenden Stiftes (t) sowie einer zur Drehung der Mondsphäre dienenden Handhabe (b) zeigt. — D endlich zeigt eine Draufsicht auf einen Ausschnitt aus der ganzen Zodiakus- und Sphärenscheibe nach Entfernung der Bögen (g) und der Stäbe (f), welche einen Gesamtüberblick über die Anordnung der einzelnen Sphären, Ringe usw. gibt.

---

wenn für sie Ausschnitte in r_1 hergestellt waren. Aufserdem safsen sie, wie in Fig. 43 dargestellt ist, nicht auf der Mondsphäre selbst, sondern auf dem an dieser angelöteten Hinterlegungsring r_1.

man dann Vorsprünge (v_3), deren vorspringende Teile sich auf den Hinterlegungsring der Sonnensphäre lagern, ohne aber daran angelötet zu sein, damit er sich im gegebenen Fall leicht dreht. Man kann so die Sphären alle ineinander drehen.

In die Sonnensphäre macht man eine recht grofse runde Offnung. In sie legt man eine Glasscheibe, unter der sich ein Blatt aus Gold befindet. Dann macht man auf dem Rücken der Sonnensphäre ein deutlich sichtbares Zeichen; es liegt auf der Linie, die von dem verschobenen Mittelpunkt durch den Mittelpunkt der Sonne gezogen ist, das Zeichen liegt in der Nähe des Randes der Sonnensphäre nach dem Zodiakus zu. Es entspricht dem Sonnenmittelpunkt.

In die Mondsphäre bohrt man ebenfalls ein recht grofses kreisrundes Loch und setzt in dieses eine Scheibe aus reinweifsem Glas ein. Auf dem Rücken der Mondsphäre macht man ein deutlich sichtbares Zeichen, das die Stelle des Mondmittelpunktes vertritt. Dann bohrt man auf der Mondsphäre sechs einander gegenüberstehende Löcher, die sich innerhalb ihres Kreises befinden, in diesen befestigt man die Nägel (n_3), die mit seiner Vorderfläche zusammenfallen, über seine Rückseite aber vorstehen. Aus dünnem Kupfer macht man nun ferner einen dünnen Ring (r_3), der, wenn man ihn auf die Mondsphäre legt, sich zwischen den eben hergestellten Nägeln (n_3) und den auf der Mondsphäre angebrachten Nägeln (n_1) befindet. Er heifst *Biṭâna*, (Hinterlegungsring).

In diesen Ring zeichnet man 28 Kreise von dem Durchmesser des Mondes, die gleichweit voneinander abstehen.

Von diesen Kreisen schneidet man einen vollständig, den ihm gegenüberstehenden gar nicht aus. Die dem letzteren benachbarten Kreise schneidet man entsprechend der Mondsichel in der ersten Nacht des Monates aus; dabei kehren diese stets ihre konvexe Seite dem verschlossenen (nicht ausgeschnittenen) Kreise zu, denn die rechts gelegenen Mondsicheln entsprechen den ersten Nächten im Monat und dem Anwachsen zum Vollmonde, die links gelegenen dagegen den letzten Nächten im Monat und der Abnahme bis zu dem gänzlichen Verschwinden (*Maḥâq*). Die einzelnen Kreise werden dann entsprechend der Gestalt der einzelnen Mondphasen ausgeschnitten.[1])

Die Fig. 42 zeigt die drei Sphären und die Scheibe, die vor der Zusammenstellung der einzelnen Teile so, wie wir noch angeben werden, geteilt ist. — Das folgende ist das Bild der *Biṭâna* mit ihren 28 Löchern (Fig. 41 a). Nun legt man den Ring mit den Mondphasen auf den Rücken des Hinterlegungsringes des Mondes an die zuletzt hergestellten Nägel. Dann lötet man zwischen je zwei Nägeln auf den Hinterlegungsring der Mondsphäre je einen Vorsprung (v_4)[2]) an, dessen Enden auf dem Kreis des Mondphasenringes aufliegen. Auf den Rücken des Mondphasenringes bringt man vier Stifte (t)[2]) an, die sich zwischen den Löchern gegenüberstehen und so stark sind, dafs man an ihnen angreifen und leicht eine Drehung ausführen kann. Die Vorsprünge (v_4) verhindern den Mondphasenring sich von der Mondsphäre zu lösen.

Die Zusammenstellung der drei Sphären ist hiermit auseinandergesetzt; sie bilden gleichsam ein Stück. Das Ganze ruht noch mit seiner Vorderfläche auf der Erde. Nun stellt man sechs Griffe (g) aus Eisen her, von denen ein jeder etwa

---

[1]) Dies wird bis in die Einzelheiten geschildert.

[2]) In Fig. 41 nicht eingezeichnet; vgl. Fig. 43.

400 *Dirham* wiegt. Man biegt Eisenstäbe in die Gestalt von Bogen, wie sie die Schützen benutzen (*Qaus al Râmî*) (Fig. 44). In jedes Horn der Bogen bohrt man zwei Löcher. Der Bogen ist so weit, dafs, wenn man das eine Horn mit seiner Fläche so an den inneren Rand der Scheibe (*e*) legt,[1]) dafs der Griff die Mondsphäre nicht berührt, das andere Ende auf den Zodiakus zu liegen kommt, ohne dafs der Griff die Sonnensphäre berührt (vgl. Fig. 43, *A*). Man befestigt die beiden Enden je mit zwei Nägeln an den betreffenden Stellen. Die Krümmung des Bogens ist nach oben gerichtet. Der Griff berührt nirgends die Mond- oder Sonnensphäre. Ebenso verfährt man mit den anderen Bogen. Man befestigt sie nnd verlötet sie mit Blei in üblicher Weise. Es werden dann diese Bogen zu Trägern für den Zodiakus an der mittleren Scheibe. Letzterer kann keine Bewegung aufser zugleich mit der mittleren Scheibe ausführen. Das Ganze soll sich gleichmäfsig in bezug auf den Durchmesser verhalten (d. h. in bezug auf den Durchmesser ausgeglichen sein).

Fig. 44.

Offenbar bleibt innerhalb des Zodiakus ein Stück (*x*, Fig. 41) übrig, das die Gestalt einer Mondsichel hat. Auf diesem zeichnet man zwei Kreise[2]), zwischen die man die Namen der Tierkreiszeichen schreibt.[3]) Man teilt die Zwischenräume in 360 Teile. Ebenso zieht man auch in der Nähe der Peripherie der Mittelscheibe auf dem Umfang zwei Kreise (k_6 und k_7), zwischen die man die Namen der Tierkreiszeichen setzt und teilt den Zwischenraum in 60 Fünfer.

Die Teilung des Zodiakus und der kleinen Teile mufs man vornehmen, ehe man die Griffe ansetzt. Man bringt die drei Sphären in ihre richtige Lage auf der Scheibe und in bezug auf den eingravierten Durchmesser.[4]) Dann bohrt man im Mittelpunkt *I* des Ganzen und in dem aufserhalb gelegenen Mittelpunkt *II* ein durchgehendes Loch. Um den Hauptmittelpunkt *I* zieht man auf der Scheibe (*e*) einen beliebigen Kreis (k_8) und teilt ihn in 360 gleiche Teile. Dann legt man das Lineal zunächst auf die zwei Mittelpunkte (*I* u. *II*) und zieht zwischen den beiden Kreisen, deren Zwischenraum für die Tierkreisnamen im Zodiakus bestimmt ist, eine Linie.[5]) Dabei versetzt sich der Künstler in die Mitte der Scheibe. Dann zählt er nach links von den auf den Mittelpunkt *I* bezogenen Teilstrichen 30 Teilstriche, legt das Lineal auf diesen Teilstrich und den Mittelpunkt *I*, zieht eine Linie zwischen den beiden Kreisen des Zodiakus und graviert zwischen diese Linie und die Linie, die durch die beiden Mittelpunkte geht: „der Krebs"; die letztere Linie ist der Anfang des Krebses. Man läfst nun das Lineal auf dem Hauptmittelpunkt und geht um je 30 Teile voran und graviert in

[1]) Dies bedeutet wohl: ... mit seiner Fläche auf die innere (d. h. die dem Uhrinneren zugekehrte) Seite der Scheibe (*e*) so weit von ihrem Rand entfernt legt, dafs ...

[2]) Es sind dies die Kreise k_3 und k_4 in Fig. 41.

[3]) Die ganzen folgenden Teilungen werden auf der Rückseite vorgenommen, wie aus dem Späteren hervorgeht. Diese Seite stellt auch die Fig. 41 dar; wir sehen die Vorsprünge usw. Die Reihenfolge der Tierkreiszeichen ist aber dieselbe wie vorne, Krebs unter Krebs, Löwe unter Löwe usw.

[4]) D. h. die auf den einzelnen Teilen liegenden Stücke des eingravierten Durchmessers sollen in ihrer gegenseitigen Verlängerung liegen.

[5]) Mit dieser Linie ist wahrscheinlich der Durchmesser *d d* (Fig. 41) gemeint.

den Zwischenraum „der Löwe“, „die Ähre“ usf., bis man die 12 Tierkreiszeichen durchlaufen hat. Dann verfährt man so Teilstrich für Teilstrich, bis man fünf Teilstriche durchlaufen hat, dann schreibt man auf den Rand des Kreises eine 5.[1]) Dies ist bei den Arbeiten mit diesem Instrument für den, der es bedient, von Nutzen und so verfährt man, bis man auf dem Tierkreis 360 nicht gleiche[2]) Teile hergestellt hat (vgl. Fig. 41). Die Häupter der Genossinnen der Schrift (d. h. der Buchstaben), sollen nach der Seite der Tierkreiszeichen liegen (d. h. nach aufsen)[3]). Ebenso ziehen wir die Linien in dem Raum zwischen den beiden Kreisen auf dem Umkreis der Scheibe, auf dem die Namen der 12 Tierkreiszeichen stehen. Er wird in 60 Teile geteilt. Die dem Anfang desselben Tierkreiszeichens entsprechende Linie ist in beiden Fällen die gleiche. Um auch noch die kleineren Teile zu gewinnen, legt man das Lineal auf den 5., 10., 15., 20., 25. Grad eines Zeichens und macht auf dem Rand der Scheibe ein Zeichen; man erhält so 60 ungleiche Teile. Das ist, was über die Herstellung der Sphären, deren Teilung und gegenseitige Verbindung durch die Vorsprünge und die Griffe zu sagen ist. Jede Sphäre soll sich leicht nach rechts und links drehen.

Auf dem Rücken der Mond- und Sonnensphäre bringt man Handhaben (*t* und *h*, Fig. 43) an, an denen man sie drehen kann. Dann macht man eine eiserne Achse, die 5 Sp. lang und so dick ist, dafs sie Daumen und Zeigefinger umfassen können; sie soll ganz gerade und gleichmäfsig sein. Ihre Enden spitzt man zu. Dann macht man im Hauptmittelpunkt *I* der Scheibe ein Loch und steckt in dieses das Ende der Achse, so dafs es um die Länge eines halben Fingers vorragt. Die Achse befestigt man fest an der Scheibe, indem man möglichst viel Blei daraufbringt, sie soll nach keiner Seite sich neigen; davor mufs man sich besonders hüten. Man erreicht dies, indem man die Achse mit ihren Enden auf zwei Pfeiler auflegt und das Ganze in Rotation versetzt; dabei stellt man dem Umfang des äufseren Zodiakus einen spitzen Gegenstand gegenüber und richtet so den Umfang so lange, bis er sich wie eine Drehscheibe (*Chart*) auf der Drehbank (*Gahr*) verhält. Man beobachtet ihn genau. Ist ein Teil schwerer als der andere, so gleicht man ihn durch Anbringen von Blei zwischen den Bildern des Tierkreises aus.

Dann macht man sechs Stäbe (*f*, Fig. 43, *B*) aus Eisen. Ihr eines Ende befestigt man zwischen zwei Tierkreiszeichen auf dem Rücken des Zodiakus und das andere in der Mitte der eisernen Achse. Die Stäbe sollen das Ganze vor Erschütterungen bewahren, mit Rücksicht darauf, dafs der Durchmesser des Zodiakus, den ich gemacht, ursprünglich 7 Sp. lang war. Ich habe ihn dann auf 5 Sp. verkleinert, um die Arbeit zu erleichtern.

Die Fläche der Scheibe und der Sphären bemalt man mit einer der Farbe des Himmels entsprechenden Farbe. Die Bilder der Tierkreiszeichen trägt man mit Gold und anderen Farben ein. In jedes Tierkreiszeichen bohrt man Löcher nach der Anzahl der Sterne und ungefähr an ihren Stellen, grofse und kleine. Man füllt die

---

[1]) d. h. wohl, man macht alle fünf Grade ein Zeichen und schreibt die betreffende Gradzahl daran.

[2]) Geteilt wird so der innere Kreis, der zu dem, der zur Teilung dient, nicht konzentrisch ist.

[3]) d. h. wohl auch die Schrift läuft ebenso wie auf der Vorderfläche.

Löcher mit weifsem, gelbem und ins Rote gehendem Glas, dessen Farbe der der Sterne ähnlich ist.[1])

Am anderen Ende der Achse bringt man eine Holzscheibe an, die 2 F. dick ist. In den Umfang der Scheibe macht man eine Rille, so dafs sie zu einer Rolle wird. Der Durchmesser der Scheibe am Boden der Rille ist $3^1/_2$ Sp. Dann macht man in den Boden der Rille mit ein und demselben Bohrer (*Mitqab*) 360 Löcher, sie haben dieselbe Tiefe und sind gleich weit voneinander entfernt. Man sucht dann das Loch, das dem Anfang des Krebses gegenüberliegt und macht dort ein Zeichen, von dort zählt man 30 Löcher und macht wiederum ein Zeichen, zwischen diese schreibt man „der Krebs"; so fährt man fort, bis die Tierkreiszeichen voll sind. Dann nimmt man einen eisernen Nagel, in dessen einem Ende sich ein Loch befindet. Diesen Nagel kann man in ein jedes Loch stecken und zwar bis zu dessen Boden; das Loch hält den Nagel an seiner Stelle fest.

Das ist das, was man bei der Herstellung der Sphären wissen mufs.

Zehnter Abschnitt.

Über die Stelle, an der die Sphären aufgestellt werden und darüber, wie man sie verwendet.

Man macht oben an der Wand eine runde, genau kreisförmige Öffnung, die so weit ist wie der äufsere Umfang des Zodiakus. Dann bedeckt man die untere Hälfte mit einer Platte aus Kupfer oder Holz. Auf ihrem halben Mittelpunkt (er ist als Fläche gedacht) bringt man einen kleinen Halbkreis an und schneidet ihn zu einem Lager aus, in dem sich das über die Fläche vorspringende Ende der Achse der Scheibe mit den Sphären dreht. Der Durchmesser des Stückes, das den unteren Teil bedeckt, ist parallel zum Horizont und bildet gleichsam den Horizont des Tierkreises und der Sphären. Dann gibt man dieser Hälfte der Öffnung die Farbe der Wand, in die sie eingesetzt ist.

Hierauf legt man das Ende der Achse an der Fläche der Scheibe auf den für sie bestimmten Ort im Mittelpunkt der Abschlufsplatte und das andere Ende auf eine feste Basis auf einer *Mukḥula* (s. S. 7) aus Eisen.

Offenbar sieht man von der Scheibe und den um sie angebrachten Sphären stets die Hälfte. Von den Tierkreiszeichen sind 6 auf- und 6 untergegangen. Ist etwa der Anfang des Widders auf dem Horizont und dreht man, so geht sein Grad (*Darga*) auf und der ihm gegenüberstehende Grad unter.

Hierauf wird das Ende eines festen Fadens an dem Ring des Nagels befestigt, der in die Löcher in der Rille der hölzernen Scheibe sich einsetzt, man setzt den Nagel in das erste Loch des Widders und windet den Faden um die Rille der Scheibe von oben nach unten, dann führt man den Faden in gerader Richtung nach oben, der Faden verläfst in diesem Fall die Rille an dem Anfang des Widders, dann führt man

[1]) Hier ist zu beachten, dafs bei der Darstellung der Sterne sogar deren Farben berücksichtigt werden.

den Faden über eine Rolle an der Decke des Hauses, dann über eine andere Rolle, die senkrecht über dem Hauptbehälter steht und bindet das Ende des Fadens an den Ring des Schwimmers *I*. Der Faden mufs ganz straff sein. Der Hauptbehälter ist dabei mit Wasser gefüllt; dafür hat man ein Zeichen am Hauptbehälter angebracht.

Mit den Sphären verfährt man nun folgendermafsen. Hinter ihnen befindet sich im Haus ein Ort, auf den sich der Diener aufstellt, der die Arbeit zu besorgen hat. Er mufs die Sphären anordnen, den Nagel von Loch zu Loch versetzen, darauf achten, dafs zu dem bestimmten Tage sich die Sonne am Anfang des Widders und der Mond in dem Grad des Stieres[1]) befindet. Dazu ergreift der Diener mit der linken Hand einen der Eisenbögen auf dem Zodiakus und mit der rechten die Sonnensphäre. Er dreht sie, bis das Zeichen für den Sonnenmittelpunkt gegenüber dem Anfang des Widders, das auf dem Rücken des Zodiakus bezeichnet ist, steht. Dann hält er die Sonnensphäre in ihrer Lage fest und dreht das Zeichen für die Mitte der Mondscheibe bis zu dem Grad des Stieres. Dann dreht er an dem Ring mit den Mondphasen auf der Mondsphäre, bis der bedeckte Kreis von den 28 Kreisen auf die Scheibe des Mondes kommt, so dafs man von dem Mond an diesem Tage gar nichts sieht.

Ich hatte angegeben, dafs der Nagel sich am Anfang des Widders befindet, der Hauptbehälter bis zu dem Zeichen gefüllt ist, der gegebene Tag der letzte des Monats ist, die Austrittstelle des Wassers auf dem Anfang des Widders liegt, die Röhre am Teller sich über dem ersten Trog befindet, die Figuren auf die Haken aufgesetzt sind, die Türen *II* aufgehängt sind, wobei alle dieselbe Farbe haben, die Mondsichel sich auf dem Gesims auf der rechten Seite der Wand befindet; der Faden an dem Ventil des ersten Troges wird hinter den Winkel des Querrohres gelegt und das Gewicht auf dem Rücken der sechsten Figur angebracht, ebenso wird mit dem Ventil, Faden und Gewicht am zweiten Trog verfahren, beim dritten Trog wird der Faden gerade nach oben geführt, endlich werden die Kugeln in die Gruben und die Klingen in die Schlitze gelegt.

Dies mufs der, welcher die Sache in Betrieb zu setzen hat, am Anfang des Tages beachten. Die Sonne will eben über den östlichen Horizont aufgehen, von dem Mond sieht man gar nichts. Sechs Tierkreiszeichen sind aufgegangen, der Anfang der Wage will eben untergehen. Die Mondsichel (vor den Türen) geht gleichmäfsig weiter, bis sie über eine Türe hingegangen ist und an der Stelle zwischen zwei Türen steht. Dann fällt die auf dem Haken aufgesetzte Figur herab, die Türe kippt um und zeigt eine andere Farbe. Die beiden Falken neigen sich und werfen aus ihren Schnäbeln zwei Kugeln. Von dem Widder sind 15 Grad aufgegangen und von der Wage 15 Grad untergegangen. Vom Mond sieht man keine Figuren, sie sind ausgelöscht. So geht es bis zur sechsten Stunde, dann spielt das Musikkorps, die Sonne hat die höchste Höhe erreicht, drei Tierkreiszeichen sind auf- und drei sind untergegangen. Auch zur 9. und 12. Stunde spielt das Musikkorps. Dann befindet sich die Mitte der Sonnenscheibe auf dem westlichen Horizont und will untergehen.

Jetzt ist alles Wasser aus dem Hauptbehälter in dem Becken vereinigt und die Kugeln an zwei Stellen auf dem Boden des Hauses. Der Diener beeilt sich dann das Wasser in einem *Miṣfât* (Schöpfer)[2]) in den obersten Teil des Hauptbehälters

[1]) Dies ist ein spezieller als Beispiel genommener Fall.
[2]) Das Wort heifst sonst Seiher.

zurückzubringen. Dann hängt er die sechste und zwölfte Figur auf und legt auf die sechste Figur das Gewicht des ersten Troges, der Faden geht über den Winkel W der Röhre, das Gewicht des zweiten Troges legt man auf den Rücken der zwölften Figur, dabei geht ihr Faden nicht durch den Winkel. Die Mondsichel stellt man auf den Anfang des Gesimses und das Zeichen für den Mittelpunkt des Mondes auf den dieser Nacht entsprechenden Grad, weiter bewegt man den Ring der Mondphasen so, dafs der Spalt der Mondsichel auf die Mondscheibe fällt. Den Nagel versetzt man auf das Loch am Anfang der Wage, wie es dieser Nacht entspricht. In dieser Nacht läfst man die Mündungsöffnung auf dem Grad der Sonne. Die Glasscheiben für die Stunden der Nacht sind bedeckt, dadurch dafs die Mondsichel (auf dem Wagen) an den Anfang des Gesimses geschoben ist und der volle Teil der Scheibe (für die Stunden der Nacht) nach oben gedreht ist. Im Haus zündet man dann rechts und links je eine Lampe an, damit das Licht in verschiedener Weise auf die Eisenbögen fällt, die an dem Zodiakus und an der mittleren Scheibe angebracht sind.[1]) Das ist das, dessen man bei der Bedienung in der Nacht bedarf. Am Anfang der Nacht sieht der Beschauer auf der ersten Schale Licht wie ein Gerstenkorn, dieses nimmt zu. Ferner sieht man die Mondsichel, wie sie in dieser Nacht erscheint, bis sie untergeht. Während die Scheiben nacheinander voll aufleuchten und man bis zur Hälfte der Nacht angelangt ist, fällt die sechste Figur herunter, das Ventil öffnet sich, das Wasser stöfst auf das Rad und das Musikkorps tut seinen Dienst. Der Teller bewegt sich und die Ausflufsöffnung kommt über den zweiten Trog, dieser füllt sich in drei Stunden, während weiterer drei Stunden fliefst das Wasser über den Rand bis zum Ende der Nacht, dann fällt die zwölfte Figur und das Musikkorps spielt von neuem. Das Licht erfüllt dann 12 Scheiben.

Nun beeilt sich der Diener das Wasser in den Hauptbehälter zu gieſsen und die Sachen wieder so wie am vorhergehenden Tage anzuordnen. Den Zeiger stellt er auf den zweiten Grad des Widders und in der Nacht dann auf den zweiten Grad der Wage, so geht es Tag für Tag und Nacht für Nacht. Man versetzt die Austrittsöffnung des Wassers und die Stellung des Nagels in unmittelbarer Folge. Bei Tage sind sie auf dem Grad der Sonne und in der Nacht auf dem gegenüberstehenden Grad. Man versetzt das Zeichen des Sonnenmittelpunktes an der Sonnensphäre auf dem Kreis des Rückens des Zodiakus jeden Tag um einen Grad. Das Zeichen des Mondmittelpunktes gegenüber dem Kreis auf der Scheibe versetzt man am Anfang eines jeden Tages von dem jeden Tierkreiszeichen bestimmten Grade um 6 Grade und in der Nacht eines jeden Tages um 1 Grad.[2]) Ferner dreht man den Ring mit den Mondphasen so, dafs auf der Mondöffnung der für diese Nacht bestimmte Ausschnitt steht; das durch die Öffnung austretende Licht der beiden Lampen läfst dann den Mond in der entsprechenden Gestalt erscheinen. Am Anfang des Tages legt man auf den Ausschnitt von rückwärts ein Stück Leinwand oder ein Stück weifses Tuch, so dafs man den Mond weifs und von entsprechender Gestalt bei Tage sieht.

---

[1]) Der Zweck ist, dafs keine für den Mond in Betracht kommende Stelle voll beschattet sein kann.

[2]) Wahrscheinlich heifst es „um 1 Grad mehr“, d h. um 7^0, man erhält dann für den Monat $13^0 \cdot 28 = 364^0$.

Um die Darstellung zu erleichtern, habe ich die Sache folgendermafsen geschildert. Von der hölzernen Scheibe auf der Holzachse (es ist diejenige, auf der sich der ausgeschnittene Halbkreis für die Scheiben der Nacht befindet) erhebt sich ein Faden, geht über eine Rolle an der Decke und wird dann am Ring des Schwimmers befestigt; der Faden an dem Nagel wird in einer Rille um die mit Löchern versehene Scheibe gelegt, geht dann auch über eine Rolle zu dem Schwimmer. Ich habe aber in Wirklichkeit die Sache anders gemacht. Ich habe auf der Scheibe am Ende der Achse der Sphären zwei Rillen angebracht, die eine diente für die Löcher, auf der anderen wurde fest eine Öse angebracht, an der ein Faden zu der genau kreisrunden Scheibe am Ende der Holzachse ging. Das ganze Werk folgte also der Drehung der mit Löchern versehenen Scheibe.[1]) Zu dem Schwimmer ging nur ein Faden, sein eines Ende war am Nagel, sein anderes an dem Ring des Schwimmers.

Das ist alles, was zu erwähnen nötig ist. Jetzt werden alle Messingteile abgekratzt, das was ziseliert werden soll, wird ziseliert, was gefärbt werden soll, gefärbt und die sichtbaren Teile werden schön hergestellt. Das Messing wird mit Sandarachöl bestrichen und dafür, dafs dieses eingesaugt wird, wird dadurch gesorgt, dafs man es in die Sonne stellt. Dann behält es ein Jahr und auch fünfzig Jahre seine Farbe.

Zweites Kapitel.

Über die Uhr der Trommler, durch die man den Ablauf der zeitlichen Stunden kennen lernt.

Erster Abschnitt.

Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren.

Der sichtbare Teil (*Ṣûra*) (Fig. 45) befindet sich auf der Aufsenseite einer Konsole (*Ṣuffa*)[2]) oder eines eleganten Palastes (Säulenhalle *Îwân*), der sich von der Erde etwa drei Mannshöhen (*Qâma*) erhebt. Es ist ein Gesims (*Ifrîz*), wie ein *Raff* (breites Sims), das aus der Wand hervorspringt, es ist horizontal, an ihm befinden sich

[1]) In dieser Beschreibung dürfte ein Irrtum untergelaufen sein. Nach der vorhergehenden Beschreibung wird der Nagel auch zu Beginn der Nacht stets so gesetzt, dafs der Gang der Tierkreiszeichen der Wirklichkeit entspricht; d. h. die Anfangsstellung der Scheibe mit den Tierkreiszeichen und der auf derselben Achse sitzenden Scheibe mit den Löchern wechselt von Abend zu Abend. Die Anfangsstellung, der die Glasscheiben (*s s*, Fig. 18) enthüllenden ausgeschnittenen Scheibe (*j*, Fig. 38) und damit der auf derselben Achse sitzenden Rillenscheibe (*k*, Fig. 38) mufs aber Abend für Abend dieselbe sein. Diese Rillenscheibe mufs daher unlösbar mit dem Schwimmer (*b*) verbunden gewesen sein. Die Anordnung war also jedenfalls folgende:

Die Rillenscheibe (*k*, Fig. 38) besafs zwei Rillen, eine für die Schnur zum Schwimmer und eine zweite für die Schnur, welche zu der auf der Achse der Tierkreisscheibe befindlichen Scheibe mit den Löchern ging und in der Öse des Nagels befestigt war. Die Lochscheibe hatte dagegen keine zweite Rille.

[2]) *Ṣuffa* ist hier wohl im Sinne eines viereckigen Raumes oberhalb einer Konsole oder eines Gesimses zu nehmen.

12 Zinnen (*Schurfa*). Auf dem Sims steht ein Mann, seine rechte[1]) Hand ist ausgebreitet und sein Zeigefinger weist nach den Zinnen. Bewegt er sich und kommt er hinter die Zinnen, so berührt sein Finger beinahe den obersten Teil derselben. Oberhalb dieses Simses und parallel zu ihm sind 12 Scheiben aus Glas in Öffnungen, die in das Innere des Hauses geradlinig sich erstrecken. In der Mitte unterhalb des Simses ist eine Nische mit einem Falken, der so, wie im ersten Kapitel angegeben, konstruiert ist. Vor ihm steht ein Becher (*Qandîl*, s. oben) auf einer vorstehenden Konsole (*Charrâga*) mit etwas vertiefter Rückenwand, wie das oben angegeben ist.

Auf dem Boden der Halle befindet sich ein Podium (*Dakka*), das ihren Vorderraum erfüllt, es erhebt sich von dem Boden um eine Manneshöhe. Auf diesem Podium befinden sich sieben Männer, rechts[2]) blasen zwei die Trompete (*Bauq*), links[2]) schlagen zwei die Zymbel. Ganz in der Mitte schlägt ein Mann zwei Pauken (*Naqqâra*). Die rechts und links von diesem stehenden haben je eine Trommel über ihre Schulter gehängt, von denen die eine Seite nach oben gekehrt ist, um darauf mit dem Klöppel (*Saulagân*) zu schlagen, der sich in der rechten Hand befindet; die andere Hand liegt von unten auf der anderen Seite der Trommel. Der Mann in der Mitte hat in jeder Hand einen Klöppel, mit dem er auf die Seiten der Pauke schlägt.

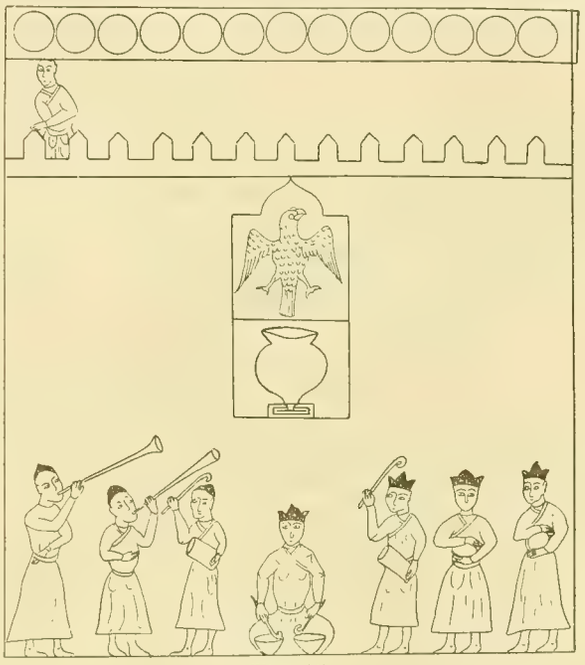


Fig. 45.

Der obere Mann befindet sich zu Beginn des Tages am Beginn des Simses (*Ifrîz*), er bewegt sich dann gleichmäfsig, bis er hinter die erste Zinne kommt, dann neigt sich der Falke und wirft aus seinem Schnabel eine Kugel auf eine Zymbel auf dem Becher, die Musikinstrumente (*Naubat*) werden gespielt. So geht es Stunde um Stunde. Die Trompetenbläser, die Zymbelschläger, die Trommler stehen auf ihren Füfsen, ohne sich zu berühren und ohne sich auf etwas zu stützen. Der Paukenschläger in ihrer Mitte kniet auf seinen Knien.

In der Nacht leuchten zunächst alle 12 Scheiben. Dann wird das Ende der ersten Scheibe dunkel, die Dunkelheit greift auf die nächsten Teile über, bis die ganze Scheibe dunkel ist. Dann bleiben noch von der Nacht 11 zeitliche Stunden. Der Mann wandert hinter den Zinnen. Man sieht ihn nicht, aber man hört zu jeder Stunde den Klang der Zymbel, denn diese Anordnung funktioniert Tag und Nacht in ganz gleicher Weise. Bei dem Ablauf einer Stunde läfst stets die Musikerschar ihre lebhaften Klänge erklingen, die man von weitem hört.

[1]) Vom Beschauer aus gesehen. [2]) Von der Rückseite der Uhr gesehen.

Zweiter Abschnitt.

Über die Herstellung der Wasserinstrumente, der Schale (*Kaffa*), die sich in jeder Stunde füllt und entleert.

Hinter der Halle (*Îwân*) befindet sich ein Haus (Gemach), das sich über die Halle erhebt und sich bis unterhalb des Podiums erstreckt. Das Podium ist durchweg hohl. Ich bemerke zunächst, dafs sich in diesem Kapitel Apparate finden, die in dem ersten Kapitel beschrieben worden sind. Das, was sich auf sie bezieht, will ich nicht noch einmal ausführlich behandeln, sondern nur erwähnen. So behandle ich nur ganz kurz den Hauptbehälter (*Châbi'a*), der so, wie erwähnt, hergestellt wird. Er ist 6 Sp. hoch und $1^1/_3$ Sp. weit. Unten befindet sich ein Hahn. Weiter macht man einen hohlen Schwimmer aus Kupfer, der wie eine Rübe nach oben gewölbt ist; er schwimmt auf dem Wasser. Auf der Mitte einer seiner Seiten ist eine Öse und ein Ring. An der Seite der Öse ist ein Loch, in das man zur Beschwerung etwas Sand schütten kann. Dann macht man den *Rubʿ*, er hat die Gestalt des Hauptbehälters, ist $1^1/_2$ Sp. lang und 4 F. weit. In ihm befindet sich ein Schwimmer mit einem Verschlufsstück (Stöpsel, *Sidâd*), das die Mündung des Hahnes verschliefst. Ferner macht man den *Dastûr*, davon läfst man nichts fort. Der Hauptbehälter wird wie früher aufgestellt und der *Rubʿ* unmittelbar daneben; der *Dastûr* ist mit dem *Rubʿ* verbunden.

Dann nimmt man einen länglichen, etwa 4 Sp. langen und 1 Sp. hohen Kupfertrog, er heifst *Ḥauḍ al Kaffa*[1]), Trog der *Kaffa* (Schale). Den Trog stellt man vor dem *Dastûr* auf, um alles aus dem Mündungsstück ausfliefsende Wasser aufzunehmen.

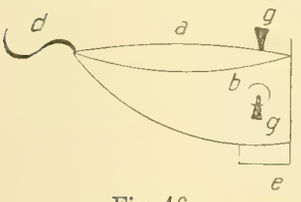


Fig. 46.

Dann hämmert man ein Stück Kupfer aus, bis es die Gestalt (Fig. 46) einer halben hohlen Wagschale (*Kaffat al Mîzân*) hat. Statt des abgeschnittenen Stückes bringt man eine senkrechte Platte an, die so hoch ist, wie die Seite der *Kaffa*. Man erhält so eine halbe Tasse (*Ṭâs*), die oben weit, nach der Mitte aber zusammengezogen ist; sie ist aber gröfser als ein Halbkreis, man erhält so die Form eines halben Kahnes. Unter dem Rand der *Kaffa* (*a*) in der Nähe des Rückens macht man zwei einander gegenüberstehende Löcher (*b*). In die beiden Löcher setzt man eine Achse (*g g*); sie ist so lang, dafs sie um 1 F. über die Löcher vorsteht. Die *Kaffa* ist so grofs, dafs sie das aus der Mündungsöffnung in einer Stunde austretende Wasser, wenn diese sich auf dem Grad des Anfangs des Krebses befindet, und noch ein klein wenig mehr fafst. Legt man die Enden der Achse auf zwei feste Pfeiler und gielst Wasser hinein, bis sie beinahe voll ist, so behält sie ihre Lage bei. Kommt noch ein Tropfen hinzu, so neigt sie sich gegen ihr verlängertes (*mabsûṭ*) Ende und gielst ihren ganzen Inhalt aus. Dann kehrt sie in ihre ursprüngliche Lage zurück und steht mit ihrem Rücken auf dem Boden. Als ich auf die Herstellung dieser Schale kam, wobei ich nicht wufste, dafs sie mir als erstem einfiel, konnte ich zahlreiche sonst nützliche Hilfsmittel in dieser Kunst entbehren. Stellt man die *Kaffa* nach dem eben erwähnten genau

[1]) Ich behalte das Wort „*Kaffa*“ bei. Vgl. zu dieser E. Wiedemann, Zschr. für math. und naturwiss. Unterricht, Bd. 45 S. 240, 1914.

richtig her und beschwert man die nach der Achse zugelegene Seite[1]) mit etwa 100 *Dirham* Blei (*e*), dann neigt sich die *Kaffa*, wenn sie voll ist, nicht, sondern behält ihre Lage bei. Man mufs daher auf ihr etwas gegenüber dem beschwerenden Blei anbringen. Dort bringt man einen Kupferstab (*d*) an, der sich nach oben erhebt und gebogen ist, so dafs er die Gestalt eines Bogens mit einem einzigen Horn (*Sîja*, Horn des Bogens) annimmt. Man hämmert dies Horn zu einer kreisförmigen nach unten ausgehöhlten Platte aus; wenn in diese Höhlung eine 20 *Dirham* schwere Kugel fällt, so neigt sich die *Kaffa* und gieſst all ihr Wasser aus; die Kugel tritt dabei aus der Höhlung im Horn. Dann kehrt die *Kaffa* in ihre Lage zurück.

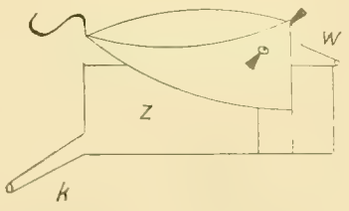


Fig. 47.

Nun setzt man die *Kaffa* in einen Trog (*z*, Fig. 47), der vor dem *Dastûr* steht; dabei sitzt sie mit ihrem Rücken auf und steht parallel zum Horizont. Die beiden Enden ihrer Achse befinden sich in zwei Löchern am oberen Teil der Wand des Troges. Unten im Trog macht man ein Loch, um ein Rohr (*k*) daran (s. w. u.) zu befestigen, dann füllt man die *Kaffa* mit dem Wasser der Stunde am Anfang des Krebses und macht an dessen Oberfläche am oberen Ende ihrer senkrechten Wand ein Zeichen. Oberhalb des Gewichtes bringt man dort ein Loch an und setzt an dieses ein 4 F. langes Rohr (*w*) horizontal an.

Dritter Abschnitt.

Oben ist erwähnt, dafs wir es hier mit nur einer Nische in der Mitte, einem Falken und einem Becher zu tun haben. All dies wird so ausgeführt, wie es im ersten Kapitel beschrieben ist.

Oberhalb der Nische befindet sich wie erwähnt ein um 4 F. von der Fläche der Scheidewand vorspringender Sims; er hat einen 2 F. hohen Rand, auf ihm sind 12 Zinnen, denen der Künstler jede beliebige Gestalt geben kann. Dann schneidet man in die Wand in gleicher Ebene mit der Fläche des Simses einen Spalt. Innerhalb der Wand macht man unterhalb des Spaltes eine Bahn für einen Wagen und eine Kupferplatte, die auf dem Rücken des Wagens befestigt ist; sie tritt aus dem Spalt des Simses heraus, so dafs sie beinahe dessen Rand, auf dem die Zinnen sich befinden, berührt; dann macht man einen aufrecht stehenden Mann, dessen Füfse auf der Platte stehen und dessen Zeigefinger auf die Spitze einer Zinne zeigt. Oberhalb dieses Simses und des Mannes parallel zu ihm sind längs einer geraden Linie 12 runde Öffnungen angebracht. In jede ist eine Glasscheibe eingesetzt, sie sind gleichweit voneinander entfernt. Die Bewegung des Wagens geschieht folgendermafsen. Man bindet am Rücken des Wagens einen Faden an, legt ihn über eine Rolle am Ende der Bahn, läfst ihn herunterhängen und bindet an sein Ende ein Gewicht aus Blei, um den Wagen nach rückwärts zu ziehen. Weiter bindet man vorne einen Faden an, der längs der Bahn verläuft, dann über eine Rolle am Ende der Bahn

[1]) d. h. das der Achse näher gelegene Ende.

nach oben geführt wird, dann nach dem Dach des Hauses geht. Dort wird er um eine Rolle gelegt. Der Fufspunkt des Lotes von dieser Stelle ist die Mitte des Behälters. Der Faden wird an dem Ring des Schwimmers befestigt; er mufs ganz straff sein. Der Behälter ist mit der bestimmten Wassermenge gefüllt. Öffnet man den Hahn und sinkt der Schwimmer, so wandert der Wagen und der auf ihm befindliche Mann. Die Länge des Simses und der Glasscheiben entspricht der Wasserhöhe im Behälter.

Mit den Glasscheiben verhält es sich folgendermafsen: Am Anfang der Nacht sind sie unbedeckt und das Licht einer Lampe durchdringt das Glas. Ich schildere nun die Vorrichtung, die sie allmählich verdeckt, so dafs eine nach der anderen dunkel wird (Fig. 48).

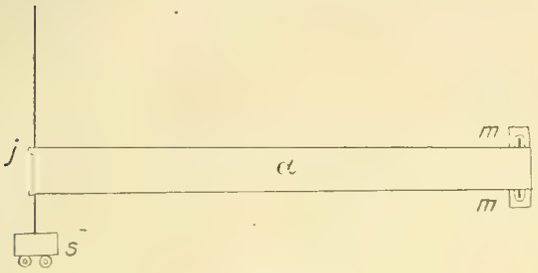


Fig. 48.

Man bringt in der Nähe der ersten Glasscheibe eine aufrechte Achse (*mm*) an, deren (unteres) Ende sich in einer Tasse (*Sukurruga*)[1]) dreht, die am Ende der Wand auf deren Boden steht und zwar in einigem Abstand von ihr. Dann bringt man ein anderes Lager auf dem oberen Ende (der Achse) an. Hierauf nimmt man eine Rolle (*Qimâṭ*) (*α*) aus weichem Fell (*Udm*), die so lang und so breit ist wie die zu verfinsternden Glasscheiben. Ihr eines Ende befestigt man an der senkrechten Achse und dreht die Achse, so dafs die Rolle sich auf ihr aufwickelt, wie eine Papierrolle (*Darg*). Das andere Ende befestigt man an einem Stab (*Saffûd*) (*j*), der auf der Mitte des Wagens (*s*) errichtet ist. Zunächst befindet sich der Wagen und der Stab gegenüber der ersten Glasscheibe; bewegt sich nun der Wagen, so wird die Rolle abgerollt und Scheibe für Scheibe wird bedeckt, bis dies bei allen der Fall ist (in Fig. 48 ist die Rolle abgewickelt).

Die 12 Kugeln lagert man, wie in dem ersten Kapitel angegeben ist. Das obere Holz hatte dort in der Breite zwei Löcher, hier nur je eines, die Klingen sind so wie dort angebracht; indes ist noch etwas beigefügt. Man macht im Schwanz jeder Klinge einen Faden fest, der etwa 1 Sp. lang ist. An seinem Ende befindet sich ein Gewicht aus Blei, das schwerer als die Klinge ist. Unter den Schwänzen der Klingen geht ein Holz, in dem 12 Haken (*Ġurâb*) (*α*) sich befinden (Fig. 49), um an ihnen die Gewichte (*s*) aufzuhängen, wie das früher im Kapitel I beschrieben wurde. Am oberen[2]) Ende eines jeden Gewichtes ist eine feine glatte längliche Öse (*σ*). Dann befestigt man auf dem Rücken des Wagens einen eisernen Stab mit glattem Ende und biegt ihn so um, dafs sein Ende unter den Haken und oberhalb der Gewichte, die an den Ösen an den Haken aufgehängt sind, vorbeigeht, sodafs das umgebogene Stabende eine Öse nach der anderen abstreift, dann fällt das Gewicht; die Klinge

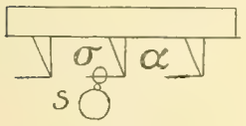


Fig. 49.

[1]) *Sukurruga* ist nur ein Ausdruck für das Lager einer stehenden Achse.
[2]) Der Text hat „untere“, was aber nach der Figur und sachlich falsch ist.

steigt in die Höhe, die Kugel rollt aus dem Loch (*Ḥufra*) in die Rinne, kommt an dem Ende der Rinne von Holz in die Rinne aus Kupfer nach der obersten Stelle der Nische und fällt in den Kopf des Falken.

Vierter Abschnitt.

Über die Herstellung der Männer.

Man macht aus zusammengesetztem (verleimtem) Holz sieben Männer. Ich beschreibe, wie man den einen von den fünf mit Schlaginstrumenten versehenen und den einen von den zwei Trompetern macht. Für den einen von den fünfen nimmt man trockenes knotenloses (*samḥ*) Holz, das so zusammengesetzt wird, dafs man die Gestalt des Leibes eines Mannes erhält; der Rücken ist hohl. Dann bringt man an ihm den linken Ober- und Unterschenkel und Fufs an; diese sind nicht hohl. In den rechten Ober- und Unterschenkel und den Fufs bohrt man ein gerades Loch, das vom Fufs bis in den Leib geht. Dann macht man für die rechte „Hand" eine Schulter und das Stück bis zur Spitze des Ellenbogens (Oberarm) und befestigt diese Teile an den entsprechenden Stellen. In der Spitze des Ellenbogens macht man nach der Höhlung im Leibe zu einen Schlitz, um in ihm das Ende des Unterarmes anzubringen. Dann macht man den Unterarm und die Hand mit um den Klöppel geschlossenen Fingern. Dann mifst man vom Unterarm ein Stück von etwa 1 Sp. ab und bohrt am Ende des überstehenden Stückes quer ein Loch und befestigt in ihm eine Achse,[1]) deren Ende quer in dem Spalt, der sich an dem Ellenbogen befindet, liegt, damit die Hand in ihm bleibt auch wenn sie nach oben oder nach unten bewegt wird. An dem in den Leib der Figur ragenden Ende des Armes bringt man ein Loch und an ihm einen eisernen Ring an, in dem sich das Ende eines Kupferdrahtes (*Scharîṭ*) befindet; das andere Ende des Drahtes tritt aus dem durchbohrten Fufs aus. Steht dann der Mann auf seinen Füfsen und zieht man am Ende des Kupferdrahtes nach unten, so bewegt sich die Hand nach oben. Läfst man das Ende des Drahtes los, so geht die Hand nach unten, wie das die Natur verlangt. Dann macht man die andere Hand. Bei dem Trommler berührt sie die Fläche der Trommel von unten und bei dem Zymbelschläger die Zymbel am gewöhnlichen Ort; dann macht man den Kopf und der Künstler verschönt ihn, so gut er kann; man fertigt alles so an, dafs man eine menschliche Gestalt erhält. Man bekleidet sie mit schönen Gewändern, um die Art wie die Hand bewegt wird, zu verdecken. Als Kopfbedeckung wählt man diejenige, die die Vertreter dieser Kunst tragen, wenn sie auftreten. So fertigt man die vier Männer, zwei Trommler und zwei Zymbelschläger. Der Trommler (Paukenschläger), der Anführer aller, kniet. Sein Leib und seine Schenkel sind so durchbohrt, dafs die Höhlung bis zu seinen Ellenbogen geht. Seine Hände sind wie geschildert konstruiert; in ihnen hält er je einen Klöppel. Dann macht man die zwei Trompeter, die nebeneinander stehen. Jeder

[1]) Der Sinn dieser Stelle ist wohl der: man nimmt ein Stück Holz, welches ungefähr um 1 Sp. länger ist als der aus ihm herzustellende Unterarm. Da, wo der Unterarm zu Ende ist, bringt man dann das Loch für die Achse an. Es stimmt diese Deutung auch mit der Darstellung in Fig. 50 überein.

hält in der Hand eine gewöhnliche Trompete, das eine Ende liegt in der üblichen Weise an dem Mund. Die Trompeter stellt man auf der rechten Seite des Podiums auf,[1]) neben ihnen steht ein Trommler mit einer Trommel; an ihn reiht sich der Anführer; vor ihm stehen die beiden grofsen kupfernen Pauken. An ihn reihen sich dann ein Trommler und zwei Zymbelschläger. Die Füfse eines jeden Mannes befestigt man sorgfältig. Dies ist leicht zu machen. Unter dem Fufs eines jeden befindet sich ein Spalt, durch ihn geht das Ende eines Drahtes. Der Spalt geht bis in die Höhlung des Podiums; unter den Knien des Anführers sind zwei Schlitze. Die Enden der Kupferdrähte hängen bis in das Innere des Podiums. An den Armen der Trommler sind Trommeln aus Holz angehängt, von der Form der berühmten (*maʿhûd*) Trommeln.

Fünfter Abschnitt.

Anfertigung der Hilfsmittel (*Wasîṭa*), um die Hände der Trommler und Zymbelschläger zu bewegen, und des Instrumentes, aus dem der Klang der Trompeten heraustritt.

Man macht aus gegossenem Kupfer eine hohle Achse (*l*), so lang wie die Halle (*Îwân*) breit ist, oder auch kürzer als diese (Fig. 50). Ihre Enden sind dünn, sie geht quer durch den Hohlraum des Podiums und liegt senkrecht unter den Füfsen der Männer. Dann bringt man an ihrem Ende unter dem Fufs des zweiten Trompeters ein solides Rad mit Schalen (*d*) aus Kupfer an; es hat einen Durchmesser von 2 Sp. Seine Schalen sind grofs und ausgehöhlt, damit sie die Menge des in sie gelangenden Wassers bewältigen (*qahar*). Das wird gleich behandelt werden. Unter dem Wasserrad bringt man einen Trog (*α*) an, in den das Wasser, das von den Schalen kommt, sich ergiefst. In ihn macht man auf der Seite des ersten Trompeters ein Loch. Dann macht man einen Kupferkessel (*q*), der soviel Wasser fafst, wie die gegenüber dem *Dastûr* aufgestellte *Kaffa*. In ihm bringt man einen Heber (*ϑ*) an, wie im ersten Kapitel für die Flöte. In den Deckel des Kessels (*q*) macht man ein Loch und stellt zwischen diesem und dem Loch im Boden des Troges des Wasserrades eine Verbindung her durch eine Röhre (*w*), die enger ist als diejenige, die über den Schalen des Wasserrades sich befindet (s. w. u.). Dann macht man in den Deckel des Kessels (*q*) ein Loch, befestigt an ihm eine enge Röhre, die bis zur Fläche des Podiums (*a*) geht und durch die Wand der Halle bis zu einer feinen Kugel (*Kura*) reicht, die rechts von dem ersten Trompeter sich befindet. Am Ende dieser Röhre bringt man die Kapsel (*h*) (Mundstück, *Huqq*) einer Flöte an (vgl. Kapitel I). Dann macht man im Boden des Troges der *Kaffa* eine entsprechend lange Röhre, die das Wasser auf die Schalen des Rades schüttet.

Füllt sich die *Kaffa* mit dem Wasser, das in sie aus dem Mündungsstück im Lauf einer Stunde an dem längsten Tage gelangt, so ist dies die geringste Wassermenge, die im Lauf einer (gleichmäfsigen) Stunde in sie gelangt. Dann fällt die Kugel in den Kopf des Falken und in den vor ihm aufgestellten Becher[2]) und rollt

[1]) Von der Rückseite gesehen.

[2]) Statt Becher steht hier *Chirâg*, d. h. der vor dem Falken befindliche Teil.

in das Innere des Hauses. Für die Kugel ist eine Rinne von dem Becher zu einer Stelle oberhalb des Hornes des Bogens angelegt, der sich an dem Ende der *Kaffa* befindet. Fällt die Kugel auf das Horn, so neigt sich die *Kaffa* und schüttet alles Wasser in den unter ihr angebrachten Trog; aus der Schale am Horn fällt die Kugel auf die Erde. Das Wasser tritt aus dem Trog der *Kaffa* durch das an seinem Boden befindliche Rohr auf die Schalen des Rades. Das Rad dreht sich und das Wasser fliefst aus den Schalen in den Trog. Das Wasser wird in die Röhre zwischen dem Kessel und dem Trog gedrängt, die Luft in dem Kessel wird nach dem Mundstück der Flöte gepreſst, die dann heftig ertönt, so dafs man sie weithin hört. Ist der Kessel mit Wasser gefüllt, so erhebt es sich über den Heber und wird in ihm in ein Bassin neben dem Kessel getrieben.

Ich beschreibe jetzt die Hilfsmittel, um die Hände der Trommler zu bewegen; dabei beschreibe ich nur dasjenige, was für die Bewegung einer Hand nötig ist, bei allen anderen ist es ebenso. An dem Fufspunkt des Lotes jedes herabhängenden Drahtes (*s*) machen wir ein Zeichen. Bei diesem Zeichen bringen wir aus Kupfer einen abgeplatteten linealförmigen Stab (*σ*) an. Er ist $1^1/_2$ Sp. lang. Sein Ende ist zu einem Ring umgebogen und in diesen führt man eine Öse (*k*) ein; die Öse befindet sich an einem Gegenstand, der sich von der Erde bis zur Höhe der Achse (*l*) des Rades (*d*) erhebt. Dann durchbohrt man das Lineal in einigem Abstand von dem anderen Ende. Man verbindet dieses Loch und das Ende des kupfernen Drahtes, das ihm gegenübersteht, durch einen eisernen Ring. Das Lineal liegt horizontal soweit über dem Boden, wie die Achse des Rades. Zu beachten ist, dafs die Hand des Mannes schwerer ist als der Kupferdraht und das, was dieser von dem Lineal trägt. Geht nun das Ende des Lineals etwas nach unten, so bewegt sich die Hand des Mannes nach oben, läfst aber das, was das Ende des Lineals hielt, dieses los, so steigt das Ende des Lineals in seine ursprüngliche Lage zurück und die Hand des Mannes sinkt herab. Man befestigt nun gegenüber dem Ende des Lineals und in dessen gerader Verlängerung an der Achse des Rades einen linealartigen Stab (*m*) (Vorsprung, *Schaẓîja*). Das freie Ende dieses Stabes ist so lang, dafs es auf dem Ende des oben erwähnten Lineales aufliegt. Dreht sich dann die Achse, so drückt das Ende des Stabes das Ende des Lineals nach unten, dieses geht mit ihm etwa 1 Sp. nach unten und trennt sich dann von ihm. Dann macht man noch für dieses Lineal aufser diesem einen Stab zwei Stäbe (*m m*), die man auf der Achse in der Richtung des ersten,[1]) aber nach der anderen Seite, anbringt.

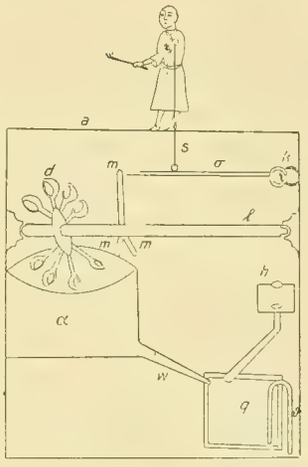


Fig. 50.

Die Figur ist stärker verkleinert als die meisten anderen. Die Anordnung der einzelnen Teile in dieser Figur entspricht nicht vollkommen der Wirklichkeit. So befindet sich das Pfeifenmündungsstück (*h*) nicht unter, sondern etwas über dem Podium (*a*) in der Uhrwand. Die zeichnerische Anordnung in der Figur hat jedenfalls den Zweck, Überkreuzungen zu vermeiden. Ferner liegt der Hebel (*σ*) nicht in der Zeichenebene, sondern steht senkrecht zu ihr.

[1]) d. h. in derselben Ebene senkrecht zur Achse.

Dadurch dafs von den Enden der drei Stäbe zwei benachbart sind, fallen die Klöppel in zwei Schlägen und dann in einem Schlag auf die Trommel, ebenso ist es bei den Händen der Zymbelschläger der Fall. Die Stäbe müssen so verschieden als möglich liegen. Die Trommel steht aber schief, daher mufs die Achse der Hand des Trommlers auch schief stehen; das Steigen und Sinken der Hand des Trommlers erfolgt daher nicht in gerader Richtung vom Fufs zum Kopf, sondern ist von rechts nach links geneigt. Fig. 50 gibt die Abbildung eines Trommlers, der auf dem Podium (*a*) steht.

Ist zu Tagesanfang der Hauptbehälter (*a*) mit Wasser gefüllt (Fig. 51), so ergiefst sich das Wasser am Anfang des Krebses aus dem Mündungsstück (*b*) auf dem *Dastûr* in die *Kaffa* (*j*), die sich in ihrem Trog (*g*) befindet;[1]) die Kugeln befinden sich in den Löchern des Holzes (*a*), die Gewichte an den Haken (*e*) und die Figur steht aufserhalb der ganzen Anordnung am Anfang des Simses, sie wandert in wohl geordneter Weise, da sie mit dem Wagen verbunden ist, bis ihr Finger dem oberen Teil der ersten Zinne gegenübersteht. Von dem Tag ist dann eine Stunde verflossen. Ich habe früher angegeben, dafs durch eine Rolle aus Leder die Glasscheiben verdunkelt werden. Diese soll mit *Baqqam*-Rot[2]) gefärbt sein, so dafs [bei Tage] auf den Glasscheiben eine rote Farbe erscheint, entsprechend dem, was in der Nacht verfinstert wird. Die Glasscheiben sind *d*, die Rolle ist *z*. Wenn die ganze Scheibe rot wird, so stöfst der Stab auf dem Wagen an das Gewicht, die Klinge wird (durch dessen Zug an der Schnur [*sch*]) von der Kugel abgehoben, aus dem Schnabel des Falken fällt diese Kugel auf die Zymbel und man hört einen Klang. Die Kugel kommt in die Rinne (ϑ) und fällt auf die Höhlung (*s*) des auf der *Kaffa* (*j*) angebrachten Horns. Die *Kaffa* ist mit Wasser gefüllt.

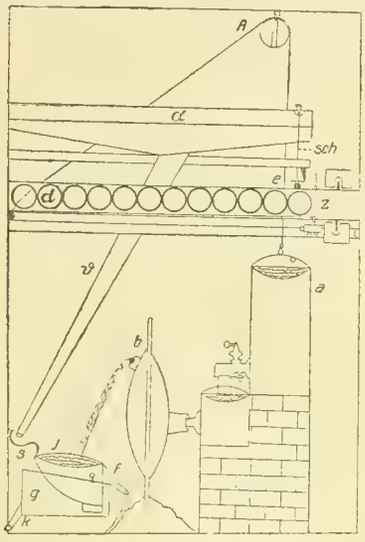


Fig. 51.

Die Figur ist stärker verkleinert als in den meisten anderen Fällen. Bei *A* steht: An der Decke des Hauses befestigte Rolle.

Bei jeder anderen Stellung des Mündungsstückes, d. h. an jedem anderen Tage fliefst in der (gleichmäfsigen) Stunde mehr Wasser in die *Kaffa*, als wenn es in dem Krebs steht. Der Überschufs fliefst aus der oben an der *Kaffa* angebrachten Röhre (*f*) über den Boden in ein Becken. Fällt nun die Kugel auf das Horn des Bogens, so neigt sich die *Kaffa* und alles in ihr befindliche Wasser ergiefst sich in ihren Trog und fliefst durch die Röhre (*k*), die an dem Trog befestigt ist, auf die Schalen des Rades (*d*, Fig. 50). Dies dreht sich mit der Achse und den drei Vorsprüngen. Diese drücken das Ende des Lineals nach unten, dann bewegt sich die Hand des Trommlers nach oben und unten. Das Wasser sammelt sich in dem Trog des Wasserrades und wird in der mit ihm verbundenen Röhre nach dem Kessel der Flöte gepreſst, die in diesem ent-

[1]) Der Trog mufste in Wirklichkeit etwas tiefer stehen als in Fig. 51, da auch bei Drehung des Mündungsstückes um 180° das Wasser aus diesem noch in die *Kaffa* gelangen mufs. Auch ist der *Dastûr* wie in Figur im Verhältnis zu den Wasserbehältern zu grofs gezeichnet.

[2]) Caesalpinia Sappan.

haltene Luft wird fortgedrängt und in das Mündungsstück der Flöte gepreſst, diese flötet und man meint, daſs das „Flöten“ von den Trompetern herrührt. Die Bewegung der Hände der Trommler und der Zymbelschläger brauchen nicht besonders dargestellt zu werden. Die Leute der Musiktruppe tun ihren Dienst so lange, als das Wasser auf die Schalen des Rades fällt. Dann hört ihre Bewegung und der Klang der Trompeten auf, bis eine zweite Stunde abgelaufen ist. So geht die Sache weiter, bis 12 Stunden bis zum Sonnenuntergang verflossen sind. Dann gieſst ein Diener das Wasser in den Hauptbehälter zurück, bringt den Mann an den Anfang des Simses, die Kugeln in die Höhlungen, die Gewichte auf die Haken, wickelt die Rolle auf die Achse, dreht den Zeiger des *Dastûr* auf den Anfang des Steinbocks und zündet die Lampen an. Dann sind die Schalen von Licht erfüllt. So oft eine verdunkelt wird, ist eine Stunde der Nacht verflossen, der Falke läſst eine Kugel fallen und das Musikkorps tut seinen Dienst. So geht es fort, bis wieder 12 Stunden verflossen sind.

Zu bemerken ist, daſs man für diese Anordnung nur einen kleinen Hauptbehälter braucht. Einen groſsen braucht man, wenn man die in die Schalen flieſsende Wassermenge vermehren will, damit das Musikkorps länger spielt.

Ich will jetzt eine Wasseruhr beschreiben zur Bestimmung der gleichförmigen Stunden auf einer Grundlage, von deren Richtigkeit ich mich selbst überzeugte. Es ist der *Ṭargahâr*,[1]) von ihm gibt es verschiedene Arten.

Drittes Kapitel.

Über die Wasseruhr (*Finkân*) des Kahnes.

Erster Abschnitt.

Das Äuſsere der Uhr und ihr Funktionieren.

Man lernt durch diese Uhr den Ablauf der Stunden und ihrer Teile kennen. Sie besteht aus einem feinen aus Messing kunstvoll hergestellten Kahn (Fig. 52). Er ruht auf einem über den Boden sich um etwa 1 *Fitr* erhebenden Würfel; er ist 3 Sp. lang und in der Mitte $1^1/_2$ Sp. breit. Sein Hinterteil (*Kautal*) ist zugedeckt, sein Vorderteil (*Ṣadr*) ist offen und innen verzinnt;[2]) es kommt Wasser hinein. Auf der Grenze des Vorder- und Hinterteiles und auf seinem Rand ist ein quadratischer Rahmen (*Milban*) aufgelegt, der wie eine Mauerzinne ausgeschnitten ist. In den vier Ecken des Rahmens sind viereckige Messingstücke angelötet, auf denen sich je eine Säule von 3 Sp. Höhe und der Dicke eines Daumens erheben. Auf den Säulen befindet sich eine viereckige kunstvolle Burg (*Qaṣr*), um sie herum liegt eine ziselierte Mauerzinne und auf ihr steht eine schöne Kuppel.

---

[1]) Wir werden dies Wort im allgemeinen mit Schwimmer übersetzen; da aber, wo die Vorrichtung zum Zeitmessen selbst dient, das Wort *Ṭargahâr* beibehalten.

[2]) *muraṣṣaṣ*; aus der Schrift von *Riḍwân* wissen wir, daſs alle mit Wasser in Berührung kommenden Kupferteile verzinnt wurden; so wird hier auch mit dem Messing verfahren.

Nach dem Vorderteil des Kahnes zu hat die Burg eine Türe mit einem Falken, von dem man nur die Brust und den Kopf sieht. Je zwischen den beiden rechten und den beiden linken Säulen ist ein Querbalken (*ʿIḍâda*) angebracht (*a*). In deren Mitte ist ein Loch (*e*), in ihm befindet sich eine dünne Achse, auf der die Hand (Klaue) eines Drachen (*Tuʿbân*)[1]) befestigt ist, der die Mitte der Achse umklammert. Sein Schweif bildet einen kreisförmigen Ring, sein Kopf erstreckt sich bis zur Brust des Falken, dabei öffnet er das Maul so, als ob er den Kopf des Falken verschlingen wollte. Im Innern des Rahmens befindet sich ein kuppelförmiger Aufsatz (*c*) (*Mikabba*). Oben sitzt auf einer Plattform ein Mann. In seiner Hand hält er ein Schreibrohr und vor ihm befinden sich auf der Plattform 15 Zeichen, wie Teilstriche. Am Anfang des Tages liegt das Schreibrohr aufserhalb des ersten der 15 Zeichen. Der Schreiber bewegt dann das Rohr von Teil zu Teil, ohne dafs man eine Bewegung wahrnimmt, bis es zum letzten Zeichen gelangt ist, dann wirft der Falke aus seinem Schnabel eine massive Kugel aus gegossener Bronze von 30 *Dirham* Gewicht in den Rachen des Drachen; dessen Haupt neigt sich langsam, bis es an das Vorderteil des Kahnes gelangt ist, dann wirft er die Kugel auf eine dort vorhandene Zymbel (*z*). Sie bleibt im Vorderteil des Kahnes liegen. Hierauf hebt der Drache seinen Kopf in die alte Lage und das Schreibrohr kehrt schnell in seine Anfangslage zurück. Dann ist eine Stunde des Tages verflossen. So geht das fort bis alle 24 gleichmäfsigen Tages- und Nachtstunden abgelaufen sind. Was an Tagesstunden fehlt, kommt in der Nacht hinzu und umgekehrt.

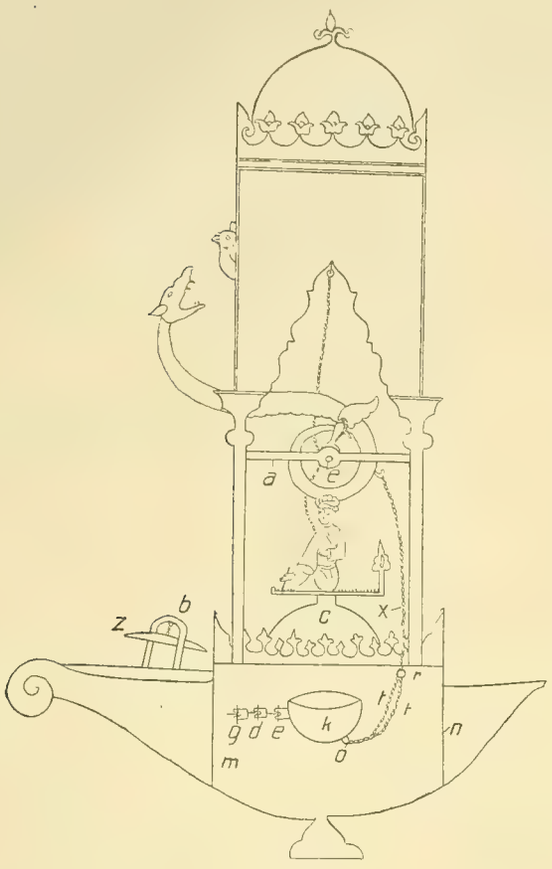


Fig. 52.

[1]) Drachen oder Schlangen, die ganz ähnliche Gestalt wie in den vorliegenden Zeichnungen haben, kommen vielfach auf Bauten vor. Vgl. z. B. M. van Berchem und J. Strygowski Amida, S. 82 f., Heidelberg 1910.

Zweiter Abschnitt.

Über die Herstellung des Kahnes, des Aufsatzes, der Säulen, des Drachen, der Burg und der Kuppel.

Man hämmert ein Stück Messing zu der Gestalt eines Kahnes und lötet ihn auf einen Würfel, der dem Würfel eines Tisches gleicht. Dann bedeckt man das Hinterteil mit einer Platte und verzinnt sie von innen, ferner errichtet man auf der Grenze des Hinterteils eine Platte (*n*) vom Boden bis zur Decke, ebenso eine andere Platte (*m*) an der Grenze des Vorderteiles von unten nach oben.

Die Länge des Kahnes ist 3 Sp. und die Weite an dem oberen Teil in der Mitte ist $1^1/_3$ Sp.; der Abstand zwischen den beiden senkrechten Platten ist gleich der oberen Weite; die Mitte des Kahnes bildet so einen quadratischen Trog.

Um den Trog bringt man eine kunstvoll ziselierte Zinne an. In jeder Ecke von dieser wird ein Messingblech von halb quadratischer Form [d. h. der Form eines gleichschenkligen rechtwinkligen Dreiecks] angelötet.

Innerhalb der Winkel bringt man dann dreieckige Basen an, in deren Mitte sich ein aufrechtes Rohr von Fingerlänge befindet. Man lötet diese Basen an und auf ihnen die Röhren.

Auf das Vorderteil des Kahnes lötet man einen nach oben gewölbten halbkreisförmigen Balken (*b*); seine beiden Enden befinden sich auf den Rändern des Kahnes. Man hängt an ihn die Zymbel (*z*); die auf diese fallenden Kugeln sammeln sich auf dem Boden des Kahnes. All dieses und ebenso alle anderen sichtbaren Teile bestehen aus vorzüglichem Messing. Die oben erwähnten vier Säulen werden aus hohlen Zylindern hergestellt. An ihren Enden lötet man je ein Röhrenstück an, das ein Stück in den Zylinder hineingeht. Der hervorstehende Teil geht je in eine der Röhren an der Basis in den Ecken; dadurch stehen die Zylinder senkrecht auf der Basis. Auf dem oberen Ende des Zylinders bringt man aus gegossener Bronze eine Art Säulenkopf an, an dem sich ein nach oben gehender männlicher Teil befindet. In der Mitte jeder Säule ist eine schön ziselierte Kugel. Innerhalb der Zinnen und oberhalb des Troges macht man einen einer Kuppel ähnlichen Aufsatz (*c*). Auf dem letzteren befindet sich eine Art Plattform.

Über den vier Säulen stellt man eine viereckige Burg auf. Auf ihrer Unterseite ist eine nach innen gewölbte Decke mit ziselierten Winkeln; an den unteren Ecken sind gleichsam Füsse, die reich mit Gold verziert sind.[1]) In jedem Fufs ist unten ein Loch, in das sich der männliche Teil der Säulen einsetzt.

Rings um den obersten Teil der Burg bringt man eine ziselierte Gallerie an, innerhalb deren sich eine kunstvolle Kuppel befindet. Auf der Kuppel befindet sich eine Vorrichtung, um die Uhr daran zu ergreifen, aufzuheben und niederzusetzen.

Dann macht man in der Vorderseite der Burg unten eine zierliche Türe.

Herstellung der Burg. Man nimmt vier Bleche von beistehender Gestalt (Fig. 53), die man in rechten Winkeln aneinander setzt. Die Verbindung stellt man

[1]) So ist vielleicht *muschaddar* zu übersetzen.

durch Blei her; man verwendet es reichlich innen, nachdem man die Platten gut zusammengefügt hat, damit man das Blei nicht von aufsen sieht.

Den Drachen (Fig. 54) macht man aus einem dünnen länglichen Stück Messing. Dieses ist 3 Sp. lang, an einem Ende 4 F. (quer) breit, sein anderes Ende ist punktförmig wie *al Schûzakah* (?). Man rollt das Messing zu einer Röhre zusammen. Ihr eines Ende ist weit und offen, das andere eng und verschlossen. Dann füllt man diese Röhre mit schwarzem Blei[1]) und biegt sie zu einem Ring mit einem Durchmesser von 4 F. Dann nimmt man eine andere Röhre, die etwa 1 Sp. lang ist. Ihr eines Ende setzt sich in das weite Ende des Ringes ein, das andere ist enger als dieses, es wird mit Blei gefüllt und im Verhältnis zum Ring etwas nach rückwärts gebogen. Dann entfernt man das Blei aus dem Rohr. Für das Rohr fertigt man einen Drachenkopf. Man lötet das Rohr an den Ring und den Kopf an das engere Ende dieses Rohres.

Fig. 53.

Fig. 54.

Da, wo das Rohr sich an den Ring ansetzt, bringt man zwei Klauen von der Länge des halben Ringdurchmessers an und lötet sie rechts und links auf die Verbindungsstelle. Die Schultern werden durch zwei Flügel verdeckt, die an den Schultern aufgesetzt werden. Unter den Handflächen befestigt man eine Achse, deren Länge gleich dem Abstand zweier Säulen ist. Zwischen je zwei Säulen rechts und links befestigt man einen Balken, dessen Enden sich in zwei Löcher in den Mitten der Säulen einfügen. In der Mitte jedes Balkens befindet sich ein Loch, in das man die eben erwähnte Achse einsetzt (vgl. w. o.).

Dritter Abschnitt.

Über die Herstellung dessen, was sich im Innern des Troges befindet, es ist der *Ṭargahâr* (Schwimmer) und was damit zusammenhängt; dazu gehört die Kugel im Innern des Schwimmers.

Man nimmt einen Schwimmer aus Messing (Fig. 55), der so leicht wie möglich ist, er hat die Gestalt einer Halbkugel (*k*, s. auch Fig. 52). Sein „oberer" Durchmesser ist 4 F. In der Mitte des Mittelpunktes[2]) macht man ein Loch.

Weiter macht man drei Scharniere (*e, d, g*) (*Narmâḏaga*) und verbindet sie durch Stifte in der, in der Figur, angegebenen Weise; *e* wird an den Schwimmer unterhalb des Randes im Abstand von 1 F. angelötet (vgl. auch Fig. 52). Das Ende von *g* wird in ein Scharnierband (*s*) eingesetzt, das an der Platte *m*, die zwischen dem Trog und dem Vorderteil des Kahnes angebracht ist, so befestigt ist, dafs der Schwimmer auf

[1]) Schwarzes Blei (*Raṣâṣ*) ist unser Blei, weifses Blei ist unser Zinn.

[2]) Der „Mittelpunkt" des halbkugelförmigen Schwimmers ist seine tiefste Stelle.

dem Boden des Troges aufsitzen kann. Die Scharniere hängen mit der Wand des Troges in der Nähe seines oberen Endes durch das erwähnte Scharnierband zusammen. In den Trog gießt man soviel Wasser, daß es beinahe an das Scharnierband reicht. Wenn der Schwimmer im Verhältnis zu dem Scharnier gehoben wird, so entleert sich das in ihm befindliche Wasser und läßt man ihn herab, so ruht er im Gleichgewicht auf der Wasseroberfläche.

Dann bringt man in der Nähe des Mittelpunktes des Schwimmers, aber außerhalb von ihm, zwei einander gegenüberstehende Osen (*o*, *o*) auf einer Linie, die durch den Mittelpunkt geht, an.

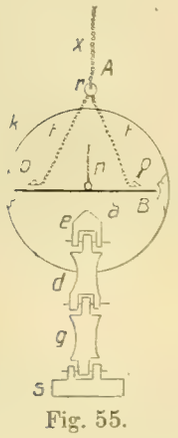


Fig. 55.

Es steht bei *A*: Ring; *B*: der Stift befindet sich im Innern der Schale. — Die Figur zeigt den Schwimmer von der Oberseite. Trotzdem sind die an seiner Unterseite befindlichen Teile vollständig eingezeichnet.

An jeder Öse befestigt man das Ende je einer dünnen dreifachen Kette (*t*, *t*), deren Länge etwa ein *Fitr* beträgt. Die Enden der Ketten vereinigt man an einem feinen Ring (*r*). An diesem Ring ist wiederum das Ende einer Kette (*x*) befestigt, die 3 Sp. lang ist. Ist der Schwimmer in dem Wasser untergesunken und wird das Ende dieser Kette in die Höhe gezogen, so hebt sich der Schwimmer und alles in ihm befindliche Wasser wird bis auf den letzten Rest ausgegossen. Läßt man die Kette los, so sitzt der Schwimmer wieder auf der Wasserfläche auf.

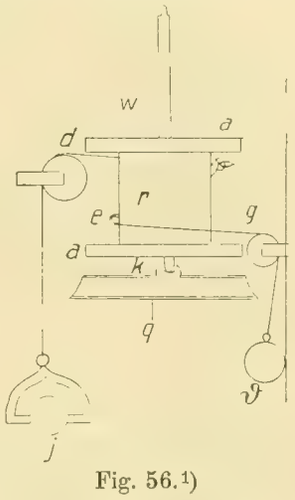


Fig. 56.[1])

Dann macht man in dem Aufsatz (*Mikabba*) einen Schlitz vom Rand bis zu dessen höchster Stelle, in dem die Kette (*x*, s. auch Fig. 52) sich leicht bewegt.

Der Schreiber bewegt sich folgendermaßen von rechts nach links (Fig. 56). Man nimmt ein Stück einer Röhre (*r*) von halber Fingerlänge und so weit, daß der Daumen und der Zeigefinger es umfaßt. An seinen Enden bringt man zwei Deckel (*a*, *a*) an. Die ganze Röhre soll möglichst leicht sein. In jeden Deckel bohrt man ein Loch und setzt in diese Löcher eine dünne Achse (*w*), deren eines Ende aus dem Deckel um ein Gerstenkorn vorragt, während das andere um einen Finger vorsteht. In der Mitte der Röhre bringt man eine feste Öse (*e*) an. An diese Öse bindet man die Mitte eines 3 Sp. langen Seidenfadens. Dann durchbohrt man die Mitte der Plattform bis in den Aufsatz (*c*, Fig. 52) und führt durch das Loch das lange Ende der Achse, das über den Boden der Plattform hervorragt. Der Deckel der Röhre berührt beinahe den oberen Teil der Plattform. Unter dem unteren kürzeren Ende der Achse bringt man ein Querstück (*q*) an, dessen Enden an dem Aufsatz befestigt sind; auf ihm befestigt man ein Lager (*Charaz*) (*k*) für das kurze Ende der Achse, so daß diese sich auf dem Querstück leicht dreht.

[1]) Die Führung der Schnur ist nicht ganz richtig gezeichnet. Das über die obere Rolle (*d*) laufende Ende muß ebenfalls über die Vorderseite der Röhre (*r*) gehen.

Dann macht man eine sehr leichte Rolle (*g*) in einer leichten Gabel (*Bait*). Diese Gabel befestigt man an dem Aufsatz gegenüber der Öse an der Röhre (*r*). Das eine Ende des an der Öse befestigten Fadens führt man über diese kleine Rolle und bindet daran ein Bleigewicht (*ϑ*) von 5 *Dirham*. Eine zweite Rolle (*d*) bringt man gegenüber der ersten an und legt um sie das andere Ende des Fadens.

Man macht nun eine kleine massive bronzene (*Ṣufr*) Kugel (*j*) von 20 *Dirham*. Durch sie bohrt man ein Loch und bringt eine Achse in ihm an, die schwächer als das Loch ist. Ihre Enden biegt man zu einem Halbring um, so dafs die Kugel sich drehen kann, ohne den Halbring zu berühren. Das um die zweite Rolle gehende Fadenende bindet man in der Mitte des Halbringes an.

Der Faden mit der Kugel und dem Gewicht ist um die grofse Rolle, nämlich das kurze Stück Rohr gewickelt. Das Ganze befindet sich im Innern des Aufsatzes. Die Kugel (*j*) ist schwerer als das Bleigewicht (*ϑ*). Es möge sich nun die Kugel unten[1]) befinden, dann ist das Gewicht oben. Hebt man die Kugel mit der Hand in die Höhe, so geht das Gewicht nach unten, die grofse Rolle dreht sich und mit ihr die Achse.

Vierter Abschnitt.

Herstellung des schreibenden Mannes und dessen, was damit zusammenhängt.

Man macht aus einem zusammengefalteten Kupferstück einen Schreiber, der mit einem Knie auf der Erde ruht, während das andere senkrecht nach oben steht. Er soll elegant sein, da er auf der Plattform und der Kuppel sitzt. Man stellt ihn so her, wie ich überhaupt bei leichten Gestalten verfahre. Man nimmt ein Stück einer möglichst leichten Kupferröhre von der Länge der sitzenden Gestalt des Mannes und formt sie um, bis sie die Form des Rückens und des Bauches eines Menschen annimmt. An der Stelle der Schultern und des Halses lötet man ein leichtes Stück von deren Gestalt an. Man macht einen wohlgestalteten Kopf, sein Hals ist schmal und sein Gesicht breit und wird so schön wie möglich bemalt. Man macht für ihn einen Turban (*ʿImâma*); es ist dies eine Halbkugel, die so modelliert ist, wie ein Turban; man befestigt den Turban auf dem Kopf und den Kopf auf den Schultern. Für die Knie befestigt man an der betreffenden Stelle ein liegendes und ein dem aufgerichteten Knie ähnliches Stück. Dann macht man ein Stück, das dem Ärmel des Kamisols (*Qamîṣ*) entspricht, und befestigt es an der rechten Schulter. An ihm ist ein Stück Vorderarm, die Handfläche, die Finger, die das nach unten gekehrte Schreibrohr halten. Der linke Ärmel und die linke Hand liegen auf dem aufrecht stehenden Knie. Unten an dem Rohr, aus dem der Mann gefertigt ist, wird ein Deckel mit einem viereckigen Loch aufgelötet, in das man das viereckige durch den Boden der Plattform hervorragende Ende der Achse (*w*, Fig. 56) einsteckt; es dreht sich dann der Schreiber, wenn die grofse Rolle sich dreht. Die drei Rollen befinden sich im Innern des Aufsatzes; der Faden mit dem Gewichte und der Kugel geht durch zwei Löcher in dessen Grundplatte. Dann setzt man den Schwimmer auf die Wasserfläche in dem

[1]) Die Kugel kommt in den Schwimmer.

Trog und setzt den Aufsatz über den Trog. Dann sinkt die Kugel hinab bis in die Mitte des Schwimmers, der sie trägt. Dadurch wird der Faden an der Kugel schlaff und das Gewicht senkt sich, bis der Faden wieder straff ist. Nun setzt man den Schreiber auf die Plattform, dabei geht das Ende der Achse knapp in das Loch der unten an ihm befindlichen Platte. Das Ende des Schreibrohres befindet sich aufserhalb des ersten Teiles.

Das Wasser tritt jetzt in die Öffnung des Schwimmers ein. In dem Mafse, wie der Schwimmer mit der Kugel sinkt, dreht sich die Rolle sowie die Achse mit dem Schreiber und die Spitze des Schreibrohres beschreibt auf dem Boden der Plattform einen Kreisbogen; während der Schwimmer sich füllt und ehe er ganz zu Boden sinkt [macht man eine Marke]. Dann teilt man diesen Bogen in 15 Teile durch eine geeichte *Ṭargahâra* (Wasseruhr), von denen jeder einem Grad (auf dem Äquator oder auf einem Breitenkreis entspricht).[1] Tritt die mit dem Schwimmer verbundene Kette aus dem Schlitz des Aufsatzes [nach oben] heraus und hebt man mit ihr den Schwimmer, um das in ihm enthaltene Wasser auszuleeren, damit er wieder auf dem Wasser schwimme, so hebt sich die Kugel in dem Schwimmer, das Gewicht geht hinab, und das Rohr des Schreibers kehrt an den Anfang des Bogens zurück.

Jetzt legt man die Enden der Achse, auf der sich die Klauen des Drachen befinden, in die beiden Löcher in den Querbalken (*e*, Fig. 52); der Ring ist mit Blei gefüllt, sein dünnes Ende, sein Schwanz liegt nach vorn. Das Hauptgewicht befindet sich in der Mitte. Setzt man den Drachen auf die Balken, so hebt er seinen Kopf, bis das untere Ende des Maules an die Brust des Falken kommt, da der Drache sich nach dem Ring umwendet[2]. Sein Maul ist soweit als möglich geöffnet, dabei zeigt er seine Zähne. Man faſst nun das Ende der an dem Schwimmer befestigten Kette, das durch den Schlitz des Aufsatzes in die Höhe geht. An diesem Ende hat die Kette einen Haken. Man hängt den Haken in eine feste Öse, die sich an dem Rücken des Drachen befindet. Einige[3] versehen auch den Rücken des Drachen mit einer Rille und bringen auf beiden Seiten der Vertiefung sehr feine vereinzelte Zähne an, die die Kette daran hindern, aus der Rille herauszugleiten. Fällt in das Maul des Drachen eine Kugel vom Gewicht von 30 *Dirham*, so neigt er sich langsam, die Kette wickelt sich auf den Rücken des Drachen auf und hebt den Schwimmer vom Boden des Troges. Die Zähne des Drachen hindern die Kugel aus seinem Maule herauszufallen, bis es sich dem Ende des Vorderteiles des Kahnes nähert. Dann fällt die Kugel auf die Zymbel. Der Kopf wird wieder leicht, der Schwimmer zieht ihn in die Höhe,[4] bis sein Maul wieder an der Brust des Falken liegt und der Schwimmer auf der Oberfläche des Wassers ruht.

[1] Die 15 Teile entsprechen also einer Stunde.

[2] d. h. der durch die Bleifüllung beschwerte Ring zwingt den Drachen sich in die beschriebene Lage zu drehen.

[3] Hieraus ersieht man, dafs mehrfach solche Uhren hergestellt wurden.

[4] d. h. der Schwimmer zieht nur so lange, bis er auf der Wasserfläche aufsitzt, im Vereine mit dem Gewicht des Ringes. Dann zieht dieses allein, da ja die Kette so lang sein mufs, dafs sie Spielraum für das Sinken des Schwimmers bietet, wenn der Drachenkopf seine höchste Lage hat.

Fünfter Abschnitt.

Herstellung des Falken, des Ortes für die Kugeln in der Burg und der Röhre, aus der je eine Kugel in den Kopf des Falken gelangt.

Man stellt Kopf und Brust eines Falken bis zu deren Mitte her und trennt den oberen Schnabel und so viel vom Kopf ab, dafs die Kugel im Gewicht von etwa 30 Dirham hindurchgehen kann; Kopf und oberen Schnabel verbindet man durch ein feines Gelenk. An den Schultern des Falken bringt man zwei gegenüberstehende Löcher an und setzt in sie eine Achse, deren Enden quer durch die Pfosten der Türe in der Burg gehen. Im Kopf des Falken macht man eine Öffnung, in die die Kugel eintritt. Kopf und Hals trennt man voneinander durch eine ausgehöhlte Platte, in der zunächst die Kugel ruht; wenn der Falke sich dann neigt, wirft er sie aus seinem Schnabel.

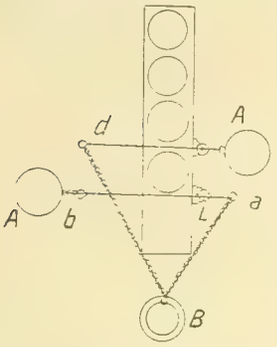


Fig. 57.

Es steht bei A: Gewicht; B: Ring. — Der Ring B mit den ihn tragenden Ketten hängt vertikal zur Zeichenebene nach unten, ist jedoch in diese heraufgeklappt.

In der Richtung des hinteren Teiles des Kopfes des Falken befindet sich unterhalb der Burg eine Rinne (Fig. 57), die von dem hinteren Teil der Burg bis zum Falkenkopf herabgeht, diesen aber an seiner Bewegung nicht hindert. Sie sei so weit, dafs eine Kugel sich leicht in ihr bewegt. Ihre Seitenwände sollen senkrecht stehen.

Dann macht man für die Kugeln eine Falle (Abschneidevorrichtung, *Miqta'*). Man macht in der Mitte der Rinne ein Zeichen und legt auf dieses eine Kugel. Auf beiden Wänden der Rinne macht man je zwei Zeichen, die um den Kugeldurchmesser voneinander abstehen. An diesen Stellen bringt man in den Wänden vier (d. h. je zwei) Einschnitte an, die von dem oberen Rand bis nahe an den Boden der Rinne reichen. Sie sind so weit, dafs man in sie die Klinge (*Schafra*) eines Messers einsetzen kann.

Dann stellt man eine Klinge aus Eisen oder Kupfer her. Am Anfang ihres Schwanzes bohrt man ein Loch und biegt das Ende des Schwanzes zu einem Ring (l). In das Loch steckt man eine Achse. Die Klinge wird in zwei gegenüberstehende Einschnitte der Rinne gesetzt und zwar nach der Seite, die dem Kopf des Falken zugekehrt ist; dabei liegen die Enden der Achse an der Wand der Rinne an und werden dort sorgfältig befestigt.[1]) Die Klinge ruht auf dem Boden der Rinne infolge der Schwere ihres Endes (b).

Man legt nun eine Kugel so in den Anfang der Rinne, dafs die Klinge sie daran hindert, in den Kopf des Falken zu treten. Zieht man den Schwanz (a) der Klinge nach unten, so dreht sich die Klinge auf der Achse, ihr Kopf (b) hebt sich von dem Boden der Rinne und die Kugel rollt in den Kopf des Falken. An den beiden anderen Einschnitten verfährt man ebenso. In den Kopf (d) dieser zweiten Klinge bohrt man ein Loch.

[1]) Die Klinge dreht sich also um die feste Achse.

Es soll nun der Kopf (*b*) der Klinge *I* unten, ihr Schwanz (*a*)[1] oben sein, der Kopf *d* der Klinge *II* soll oben und ihr Schwanz unten sein. An ihm befindet sich ein Gewicht (*Ṯaqâla*) aus Blei.[2] In dem Loch von *d* befestigt man das Ende einer Kette und ebenso in dem Loch von *a*. Die Enden der Ketten verbindet man unterhalb der Rinne miteinander durch einen feinen Ring. Zieht man an dem Ring nach unten, so steigt die Klinge *I* in die Höhe und *II* sinkt, läfst man den Ring los, so sinkt *I* und *II* hebt sich. Legt man in den Anfang der Rinne eine Kugel, so rollt sie herunter, bis die Klinge *I* sie aufhält, legt man eine zweite Kugel usw. hinein, so lagern sich diese hintereiander. Zieht man den Ring hinunter, so legt sich die Klinge *II* zwischen die Kugel *I* und *II*. Da aber die Klinge *I* in die Höhe gehoben wird, so rollt die Kugel *I* in den Falkenkopf. Alle folgenden Kugeln in der Rinne werden durch die Klinge *II* festgehalten. Läfst man den Ring los, so sinkt *I*, dagegen hebt sich *II* und alle Kugeln rollen [ein Stück] herab. An Stelle der ersten Kugel tritt die zweite, so geht es bei jedem Anziehen des Ringes.

Am (oberen) Ende der ersten Rinne bringt man eine zweite an, die man in dem Innern der Burg herumführt, so dafs beide Rinnen zusammen 15 Kugeln fassen. Man lötet die Rinnen an.

Sechster Abschnitt.

Herstellung der Kette von dem Schwimmer bis zu der Falle (*Qiṭâ'*) der Kugeln und Herstellung des Mündungsstückes auf dem Loch des Schwimmers. Vollendung des *Finkân* und Art der Bedienung.

Auf dem Durchmesser des Schwimmers bringt man quer einen Stift (*a*, Fig. 55) (*Mîl*) mit einem Loch an. In diesem befestigt man eine Kette (*n*), die durch ein Loch in dem Boden des Aufsatzes ein- und austritt, dann durch ein Loch im Boden der Plattform hinter dem Schreiber austritt und endlich zu dem Loch im Boden der Burg geht. Ihr Ende befindet sich an dem Ring, an dem die Enden der beiden Ketten für die beiden Klingen befestigt sind. Sinkt der Schwimmer bis zum Boden des Kahnes, so wird der Ring so tief wie möglich herabgezogen und die Ketten sind ganz straff gespannt. Dann macht man ein Mündungsstück mit einer feinen Öffnung und befestigt es auf dem Loch des Schwimmers, klebt es mit etwas Wachs an und prüft es mit einem Höheninstrument (*Âlat al Irtifâ'*)[3] oder einer geprüften *Ṭargahâra* (Wasseruhr), bis es einer Stunde durch Erweitern der Öffnung genau entspricht.[4] Die Kugel (*j*, Fig. 56) befindet sich auf dem Boden und die Ketten sind mit dem Schwimmer verbunden.

Dann schabt man (*garad*, 2. Form) den Kahn, den Würfel, den Aufsatz, die Säulen, den Drachen, die Burg und die Kuppel ab. Ferner bemalt man den unteren Teil der Burg, ebenso den Falken und den Drachen und färbt die Kleider des

[1] In Fig. 57 waren im Original die Buchstaben *a* und *l* durch *Gazarî* versehentlich vertauscht worden; in der Reproduktion sind sie an die richtige Stelle gesetzt worden.

[2] Das Gewicht an der Klinge *I* ist nicht erwähnt, aber gezeichnet.

[3] Quadrant, Astrolab usw.

[4] d. h. bis durch das eintretende Wasser der Schwimmer genau in einer Stunde zum Sinken kommt.

Schreibers; man nimmt dazu die üblichen Farben. Dann bemalt man jedes Ding, das zu bemalen ist.

(Hieran schliefst sich noch eine kurze Besprechung der ganzen Uhr, deren einzelne Teile mit Buchstaben bezeichnet sind, die aber in keiner der vorhandenen Handschriften sich finden; dabei wird zunächst die Kette besprochen, welche die Kugelfalle bedient und wie folgt fortgefahren.) Diese Kette zieht nicht eher an dem Ring, ehe nicht der Schwimmer sich neigt und der Rand des Schwimmers und der Stift (*a*) an ihm mit der Wasseroberfläche gleichsteht. Das Schreibrohr befindet sich aufserhalb des ersten Teiles der Stunde. In die Rinnen der Burg legt man 15 Kugeln. Das Wasser tritt durch das Loch des Mündungsstückes in den Schwimmer, der Schreiber wandert nach links und sein Schreibrohr bewegt sich, so dafs man [in der ersten Stunde] den verflossenen Teil des Tages erkennt und erfährt, wieviele Teile der Stunde verflossen sind, bis er 15 Teile erreicht hat, dann sinkt der Schwimmer unter und zieht an den beiden Messern. Dann rollt eine Kugel in den Kopf des Falken, fällt in das Maul des Drachen und sinkt in ihm langsam, die Schnur des Schwimmers wickelt sich auf dem Rücken des Drachen auf, so dafs der Schwimmer in die Höhe gehoben wird, bis alles in ihm befindliche Wasser ausgegossen ist; die Kugel (*j*, Fig. 56) bleibt aber in ihm; für diese ist nämlich auf der Seite der Scharniere am Rand des Schwimmers ein Hindernis angebracht, das sie am Austreten aus dem Schwimmer hindert. Der Schreiber kehrt nach rechts zurück und sein Schreibstift steht aufserhalb der Zahlen, dann wirft der Drache die Kugel über seine Zähne hinweg auf die Zymbel. Er hebt seinen Kopf auf die halbe Höhe und die Kette zieht an dem Schwimmer.[1]) Er hebt dann seinen Kopf bis zur Brust des Falken. Dann[2]) ist der Schwimmer horizontal auf der Wasseroberfläche und die Kugel (*j*, Fig. 56) in seiner Mitte. Vom Tage ist eine gleichmäfsige Stunde verflossen. So geht es, bis die Stunden des Tages beim Sonnenuntergang verflossen sind. Man bringt dann die Kugeln, die sich im Kahn gesammelt haben, in die Rinne. Es geht dann in der Nacht wie bei Tage, bis 24 Stunden von Tag und Nacht zusammen vollendet sind.

Viertes Kapitel.

Die Wasseruhr des Elefanten, mittels deren man den Ablauf der gleichmäfsigen Stunden kennen lernt.

Das Kapitel zerfällt in 15 Abschnitte.

Erster Abschnitt.

Über die äufsere Gestalt [der Uhr]; es ist die eines Elefanten (Fig. 58).

Ich habe zahlreiche Formen der Wasseruhr, bei der der *Ṭargahâr* zur Verwendung kommt, angefertigt, die alle in verschiedener Weise die gleichmäfsigen Stunden

[1]) Das ist unrichtig; bei dem Steigen des Drachen ist vielmehr der Schwimmer der ziehende Teil. Bei der Beschreibung von Zugvorrichtungen usw. finden sich öfters derartige Verwechslungen.

[2]) Vgl. Anmerkung 4 auf Seite 113.

anzeigen; ich vereinigte sie schliefslich in der Wasseruhr des Elefanten. Diese hat die Gestalt eines vollständigen Elefanten, zwischen dessen Schultern ein Mann, der Elefantentreiber (*Karnak*), sitzt. In seiner Rechten hält er ein Beil (*w*), das sich über dem Kopf des Elefanten befindet, und in seiner Linken einen Schlegel (*h*) (*Midaqq*), der auf dem Kopf des Elefanten ruht. Auf dem Rücken des Elefanten steht eine viereckige Plattform, die von einem Geländer (*Darâbzîn*) umgeben ist. Auf den Schultern des Elefanten stehen zwei zierliche Becher (*s*). An jeder Ecke der Plattform steht eine Säule. Über den Säulen erhebt sich eine Burg mit einer Kuppel (*l*) und auf der Kuppel sitzt ein Vogel (*k*). An der dem Kopf des Elefanten zugekehrten Seite der Burg ist ein Balkon (*Rauschan*)[1] angebracht, der über den unteren Teil der Burg vorspringt; auf ihm sitzt ein Mann (*b*). Rechts und links von diesem befinden sich die Köpfe von zwei Falken (*g*), die aus zwei Fenstern (*Kuwwa*) in der Burg herausschen. Der Mann auf dem Balkon neigt sich nach seinem rechten Schenkel (*Fachid*) und legt seine rechte Hand so auf den Schnabel des rechten Falken, als ob er ihn hindern wollte, den Schnabel zu öffnen. Den linken Schenkel hebt er vom Boden des Fensters in die Höhe und ebenso seine linke Hand vom Schnabel des linken Falken. Oben an der Burg befindet sich ein nach oben gewölbter Halbkreis; auf seinem Umfang befinden sich 15 Öffnungen, von denen jede die Gröfse eines mittleren *Dirham* hat. Diese Öffnungen sind von dem Innern der Burg aus durch einen kreisrunden, geschliffenen Ring aus Silber bedeckt, dessen eine Hälfte weifs und dessen andere schwarz ist. Zwischen den Säulen und in ihrer Mitte befindet sich eine quergestellte Achse (vgl. oben). Auf der Achse befinden sich zwei Drachen (*d* und *j*), deren Klauen die Achse umfassen und deren Schwanz sich zu einem Ring umbiegt. Den Kopf wendet jeder Drache nach rückwärts, sein Maul öffnet er, als ob er den Kopf des (ihm gegenüberstehenden) Falken verschlingen wollte. In der Mitte der Plattform befindet sich ein Aufsatz (*Mikabba*) und auf ihm eine Art runden Sitzes (*f*), auf dem ein Mann (*a*) sitzt. In der rechten Hand hält er ein Schreibrohr und vor ihm liegt auf der Fläche des Sitzes ein in $7\frac{1}{2}^0$ geteilter Kreisbogen. Ich will jetzt das Wesentliche angeben.

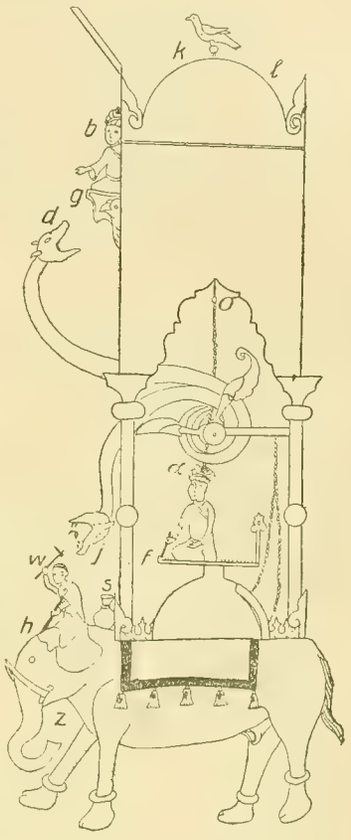


Fig. 58.

[1]) Für *Rauschan* ist die wörtliche Übersetzung Fenster; es handelt sich aber um einen Balkon vor einer fensterähnlichen Öffnung.

Zweiter Abschnitt.

Über das Funktionieren dieser Anordnung.

Am Anfang des Tages ist alles richtig hergerichtet. Die Öffnungen sind mit Schwarz bedeckt. Die Spitze des Schreibrohres liegt aufserhalb der Zahlen; dann wandert sie stetig nach links, bis sie zum ersten Grad gelangt, dann ist ein Grad von den 15 Graden verflossen, die auf eine gleichförmige Stunde kommen. So geht es fort, bis das Schreibrohr zum $7\,^1/_2\,^0$, der einer halben Stunde entspricht, gelangt. Dann pfeift der Vogel auf der Kuppel und dreht sich auf ihr, die halbe Öffnung wird weifs und der an dem Fenster sitzende Mann hebt seine Hand von dem Schnabel des rechten Falken, legt sich auf den linken Schenkel und legt seine linke Hand auf den Schnabel des linken Falken. Aus dem Schnabel des rechten Falken fällt eine Kugel in das Maul des Drachen; dieser sinkt langsam mit ihr hinab, bis sein Kopf zu dem rechten Becher auf der rechten Schulter des Elefanten gelangt; dann wirft der Drache die Kugel in den Becher; er richtet sich wieder auf und kehrt in seine ursprüngliche Lage zurück. Der *Karnak* erteilt dem Kopf des Elefanten mit seiner rechten Hand einen Schlag mit dem Beil, das ursprünglich in die Höhe gehoben war, ferner hebt er die linke Hand und schlägt mit dem Schlegel auf den Kopf des Elefanten. Die rechte Hand geht wieder in die Höhe und behält ihre ursprüngliche Lage bei. Aus der Brust (*z*) des Elefanten kommt die Kugel hervor, fällt auf eine am Bauche des Elefanten aufgehängte Zymbel und man hört einen Ton. Die Kugel bleibt in einem Becken vor dem Elefanten liegen, es hat einen flachen etwas nach dem Rüssel zu geneigten Boden. Der Schreiber bewegt sich schnell nach rechts und das Ende des Schreibrohrs steht wieder aufserhalb der ersten Zahl.

In der nächsten halben Stunde spielt sich die Sache ebenso ab, nur hebt der Mann im Fenster die linke Hand ab, die Kugel fällt aus dem linken Falken in das Maul des linken Drachen, der sie in den linken Becher wirft, aufserdem wird die erste Öffnung ganz weifs.

Wieviel gleichmäfsige Stunden abgelaufen sind, erkennt man daran, dafs [eine ihrer Zahl entsprechende Zahl von] Öffnungen ganz weifs geworden ist, aus der Zahl der Kugeln in dem Becken und aus der Anzahl von Graden, über die das Schreibrohr gegangen ist. So geht es alle halbe Stunden, bis $14\,^1/_2$ Öffnungen[1]) weifs geworden sind und in dem Becken sich 29 Kugeln angesammelt haben. Dann bringt man die Kugeln in die Rinne zurück und bedeckt die Öffnungen mit dem schwarzen Teil des Ringes. Die Sache verläuft ebenso bei Nacht, bis 24 Stunden abgelaufen sind.

Dritter Abschnitt.

Herstellung des Elefanten und der Plattform.

Eine 3 Sp. lange und $1\,^1/_2$ Sp. breite Kupferplatte wird so umgebogen, dafs ihre [Längsränder] sich treffen und so zurecht gehämmert, dafs sie die Gestalt des Bauches und des Rückens eines Elefanten annimmt. Andere Stücke werden zu der

[1]) Die Uhr ist für einen Ort eingerichtet, dessen längster Tag $14\,^1/_2$ Stunden hat.

Brust und dem Hinterteil geformt und mit dem ersten Stück verbunden. Endlich fertigt man noch die Vorder- und Hinterbeine entsprechend ihrer natürlichen Gestalt und lötet sie an. Unebene Stellen gleicht man mit Zinn (*Raṣâṣ*) aus und feilt die überstehenden Teile ab.

Dann macht man den Kopf, der den Zwischenraum zwischen den Füfsen ausfüllt, bringt ihn an seine Stelle, macht ihn aber nicht ganz fest.

Die Plattform fertigt man aus Messing; sie ist quadratisch und hat kurze Füfse; um sie geht ein zierliches, höchst kunstvolles Geländer. Die Plattform reicht etwa von dem Anfang des Hinterteiles bis zu den Schultern des Elefanten. Sie wird auf dem Elefanten gut befestigt. Mit Seilen aus Kupfer wird sie dann auf dem Leib des Elefanten gleichsam angebunden; diese Seile stellen Sattelgurte vor und dienen zur Verschönerung; es sieht so aus, als ob sie auf dem Rücken angebunden wären.

Vierter Abschnitt.

Über das, was im Innern des Elefanten angebracht ist und über die Herstellung des Schwimmers (*Ṭargahâr*).

Man nimmt einen Schwimmer aus gehämmertem Messing und bearbeitet ihn, bis er die Gestalt einer Halbkugel annimmt (Fig. 59). Sein Durchmesser ist so gewählt, dafs er sich im Leib des Elefanten bewegen kann, ohne dessen Seiten zu berühren. Auf den Rand macht man vier gleich weit voneinander abstehende Zeichen und zieht aufsen von jedem Zeichen aus eine Linie nach dem Mittelpunkt. Um den Mittelpunkt zieht man einen Kreis, dessen Durchmesser etwa einen *Fitr* beträgt, dieser schneidet die vier Linien. Dann fertigt man drei Scharniere, die je durch einen Stift verbunden sind, um den sie sich leicht bewegen. Die Länge der drei Gelenke (*m, m, m*) ist eine Fingerlänge. Das erste Scharnier ist kürzer; das Ende des dritten ist um eine dünne Achse umgebogen. Man befestigt das kurze auf einer Linie auf der Aufsenseite des Schwimmers (*a*) eine Fingerbreite unterhalb des Randes. Dann macht man auf der den Scharnieren gegenüberliegenden Linie in der Nähe der Mitte des Schwimmers ein Loch (*b*). Ferner befestigt man auf dem Schnittpunkt des Kreises und der beiden anderen Linien zwei Ösen (*q, q*). An den Ösen befestigt man die Enden von zwei dünnen, genau gleichen, dreifachen, 1 *Fitr* langen Ketten. Die anderen Enden der Ketten vereinigt man in einem feinen Ring (*l*), so dafs, wenn man an diesem Ring nach dem Rand des Schwimmers zieht, er sich über dem oben erwähnten Zeichen befindet, das den Scharnieren gegenüberliegt. *σ* ist eine Achse, die eine Verbindung herstellt zwischen dem Ende der drei Scharniere und zwei noch zu besprechenden Ösen. Der Schwimmer bedarf noch einer Ergänzung, die besprochen werden wird.

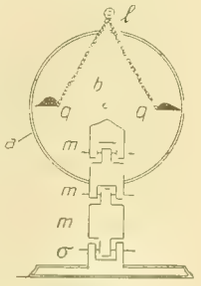


Fig. 59.

In der Mitte des Bodens der Plattform macht man ein möglichst grofses achteckiges Loch.

Zwischen Brust und Bauch des Elefanten und [ebenso] dessen Bauch und Hinterteil lötet man [je] eine Wand ein, so dafs das Innere des Elefanten zu einem

Troge wird. Auf der ersten Wand bringt man in $^2/_3$ der Höhe zwei Ösen für die Achse am Ende der Scharniere an.

Nun gieſst man Wasser in den Bauch des Elefanten, bis es nahe an die beiden Ösen reicht. Zieht man nun an dem Ringe nach oben, so hebt sich der Schwimmer und alles in ihm enthaltene Wasser wird ausgegossen. Läſst man den Ring los, so ruht der Schwimmer auf der Wasseroberfläche. Der Schwimmer darf aber nicht bis zu dem Rücken des Elefanten emporsteigen, sondern muſs darunter bleiben.

Fünfter Abschnitt.

Herstellung des Aufsatzes über dem Boden der Plattform, des Sitzes auf dem Aufsatz, des Schreibers auf dem Sitz und der für ihn bestimmten Bewegungsvorrichtung.

Aus Messing macht man einen edel geformten, kunstvoll ausgeführten Aufsatz. Sein oberer Teil ist zylinderförmig und hat einen Durchmesser von der Länge eines Fingers. An dem Aufsatz bringt man nach auſsen einen Rand (Lippe, *Schifa*) an, ähnlich dem Rand eines Tellers. Man teilt den Kreis des Randes durch Zeichen in acht Teile, an je zwei benachbarte Zeichen legt man ein Lineal und zieht eine Linie, längs deren man den Kreis abschneidet. Er wird so zu einem Achteck von einer solchen Gröſse, daſs er knapp in das Geländer der Plattform sich einsetzt.

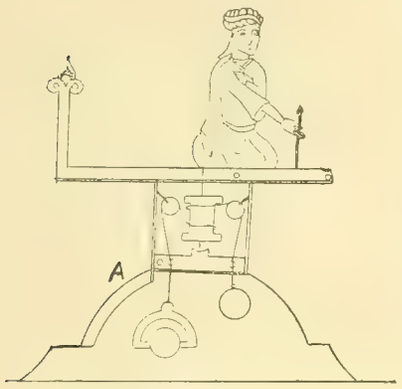


Fig. 60.

Bei *A* steht: Spalt.

Dann nimmt man eine ebene Messingscheibe, deren Durchmesser kleiner als ein *Fitr* ist, um ihre eine Hälfte legt man ein feines Geländer, so daſs sie gleichsam ein Sitz (Bank, *Dakka*) wird. Dann setzt man sie auf die Ebene des Aufsatzes, wobei das Geländer nach dem Hinterteil des Elefanten zu liegt. Ihr Mittelpunkt ist von dem Mittelpunkt des Aufsatzes um eine Daumenbreite nach dem Kopf des Elefanten gerückt. So wird sie befestigt.

Der Mittelpunkt der Scheibe wird so durchbohrt, daſs das Loch in die Fläche des Aufsatzes eindringt und der Mittelpunkt des Aufsatzes so, daſs das Loch in die Scheibe eindringt.[1])

Ich beschreibe nun den Schreiber sowie die Vorrichtung, die ihn von rechts nach links dreht und die ihn in seine ursprüngliche Lage zurückführt (Fig. 60). Man nimmt eine $^1/_2$ F. lange Kupferröhre, die so weit ist, daſs man sie mit Daumen und Zeigefinger umfassen kann. An ihren Enden befinden sich zwei Deckel. Durch den Mittelpunkt von diesen wird eine Achse gesteckt, deren eines Ende um ein Gerstenkorn

[1]) Diese Stelle ist vielleicht so zu erklären: Der „Mittelpunkt“ der Scheibe ist deren geometrischer Mittelpunkt; mit dem „Mittelpunkt“ des Aufsatzes ist sein erhöhtes Mittelstück gemeint. Dieses wird also an einer dem Mittelpunkt der Scheibe gegenüberliegenden Stelle durchbohrt.

und deren anderes um die Länge eines halben Fingers hervorragt; man erhält so gleichsam eine Rolle. In ihrer Mitte lötet man an sie eine feine Öse und bindet an diese einen Seidenfaden von 3 Sp. Länge. Das lange Ende der Achse führt man durch das Loch in der Mitte des Bodens des Sitzes; der Deckel der Rolle berührt beinahe den oberen Teil des Aufsatzes. Das Ende der Achse ragt über den Boden des Sitzes um weniger als $^1/_2$ F. vor. Unter dem kurzen Ende der Achse bringt man ein an dem Aufsatz befestigtes Querstück an. Auf dem Querstück befestigt man für das Ende der Achse ein Lager, das die Achse an ihrem Ort festhält, so dafs sie sich leicht dreht. Gegenüber der Öse der Röhre befestigt man eine leichte Rolle in einer kleinen Gabel an der Wand des Aufsatzes und ihr gegenüber eine ebensolche, so dafs, wenn man auf die Rinnen dieser beiden Rollen ein Lineal legt, es durch die Öse der grofsen Rolle geht. [Nun wird beschrieben, wie gerade wie früher an das eine Ende des Fadens ein Gewicht von 5 *Dirham*, an das andere eine Kugel von 30 *Dirham* angehängt wird, und folgendermafsen fortgefahren.]

Man macht einen Mann aus zusammengefaltetem Kupfer oder aus mit Leim bestrichenem Papier (*Kâġid*). Er sitzt, wobei sein rechter Schenkel auf der Erde ruht; in seiner rechten Hand befindet sich ein Schreibrohr, dessen Spitze nach unten gerichtet ist. Sein linkes Knie steht aufrecht und auf ihm ruht seine linke Hand.[1]) In seinen unteren Teil in der Nähe des Rückens bohrt man ein viereckiges Loch, um das Stück der Achse einzusetzen, das durch den Boden des Sitzes geht; auch dies ist viereckig, so dafs Achse und Schreiber sich gleichzeitig bewegen. Der untere Teil des Schreibers berührt aber den Boden des Sitzes nicht. Die drei Rollen werden abgeschlossen durch ein Brett innerhalb des Aufsatzes, in dem sich zwei Löcher für die Fäden der Kugel und des Gewichtes befinden. Die Fig. 60 giebt das Bild des Aufsatzes, in dem sich die Rollen befinden, und des Schreibers auf dem Sitze.

Sechster Abschnitt.

Herstellung des Karnak und der Bewegungsvorrichtung für seine Hände, die in der Brust des Elefanten angebracht ist (Fig. 61).

Man macht aus Kupfer ein Kamisol (*Qamîṣ*) mit kurzem Saum (*Ḏail*) und kurzen Ärmeln; das Kamisol steht senkrecht auf dem Saum. Dem Kopf gibt man die Gestalt eines Inders mit vielen Kopf- und Barthaaren.[2]) Den Hals steckt man in den Busen des Kamisols und befestigt ihn an dessen Rand. Ferner macht man die rechte Hand bis an das Ende des Oberarms (*ʿAḍd*) (d. h. Hand und Oberarm), sie hält ein zierliches leichtes Beil. Den Ellenbogen (*Marfaq*) durchbohrt man in die Quere und durchbohrt auch den Ärmel des Kamisols von beiden Seiten in die Quere. In die beiden einander gegenüberstehenden Löcher steckt man eine Achse (l), die man auf beiden Seiten im Kamisol befestigt. Die Hand bewegt sich dann um die Achse. Am Ende des Oberarms macht man ein Loch (k). Ebenso fertigt man die linke Hand, die einen Schlegel hält [Achse σ und Loch n].

[1]) Die Stellung des Mannes in Fig. 60 ist etwas anders als hier beschrieben.
[2]) Das tritt in der Figur nicht hervor.

Zwischen den Schultern des Elefanten macht man einen Spalt, der enger ist als der Saum des Kamisols und befestigt um ihn, aber nicht fest, den Saum des Kamisols.

Dann nimmt man den Kopf des Elefanten ab und macht in seiner Brust ein Loch, so weit wie der Hals des Elefanten. Hat der Elefant keinen Hals, so bohrt man zwischen den Vorderbeinen das Loch, aus dem dann die Kugel austritt.

Weiter stellt man einen feinen Löffel (*Mil'aqa*) mit kurzem Stiel (Schwanz, *Ḏanab*) her. Am Anfang des Stieles bohrt man quer ein Loch (*j*) und ebenso am Kopf (*m*) seiner Schale (d. h. am Ende des Löffels selbst). Durch [ein drittes] Loch (*ϑ*) [in der Mitte des Löffelstieles] führt man eine Achse. Diese befestigt man an der Scheidewand zwischen Leib und Brust. Der Löffel steckt dann quer in der Brust des Elefanten; dabei ist der Löffel selbst auf der linken, der Stiel auf der rechten Seite.[1]) Das Loch (*j*) im Stiel und dasjenige (*k*) im rechten Oberarm verbindet man durch einen dünnen eisernen Stab (*Qaṣîb*). Seine in den Löchern befindlichen Enden sind zu Ringen umgebogen, die sich leicht bewegen. Eine Kette verbindet ferner das Ende (*m*) der Schale des Löffels mit dem Oberarm der linken Hand. Da das Ende der Achse (*ϑ*) am Anfang des Löffelstieles feststeht, so bewegt sich der Löffel. Man macht den Stiel schwerer als die Schale, damit er den Arm des *Karnak* mit dem Beil in die Höhe zieht; der Schlegel ist schwerer als das Beil und ruht auf dem Elefantenkopf. Legt man in die Schale des Löffels eine Kugel, so beschwert sie die Schale und diese sinkt. Der Schlegel steigt in die Höhe, die rechte Hand mit dem Beil sinkt. Dann fällt die Kugel in die Höhlung der Elefantenbrust, tritt aus der dort angebrachten Öffnung (*h*), fällt auf das Ende einer vom Leib des Elefanten herabhängenden Zymbel, dann in einen vor dem Elefanten befindlichen Trog mit kurzen Seiten und einem nach dem Rüssel des Elefanten geneigten Becken, in dem sich die Kugeln sammeln, wobei eine neben der andern liegt. Zugleich hebt sich die Hand mit dem Beil, die mit dem Schlegel sinkt. Man stellt dies in tadelloser Weise her, so lange es frei liegt (d. h. so lange der Elefantenkopf nicht angesetzt ist), da man, sobald der Elefantenkopf wieder an seine Stelle gebracht ist, nicht mehr dazu kann. Nun lötet man den Saum des Kamisols vorne und hinten an, macht für den *Karnak* zwei Beine (Füfse), dabei

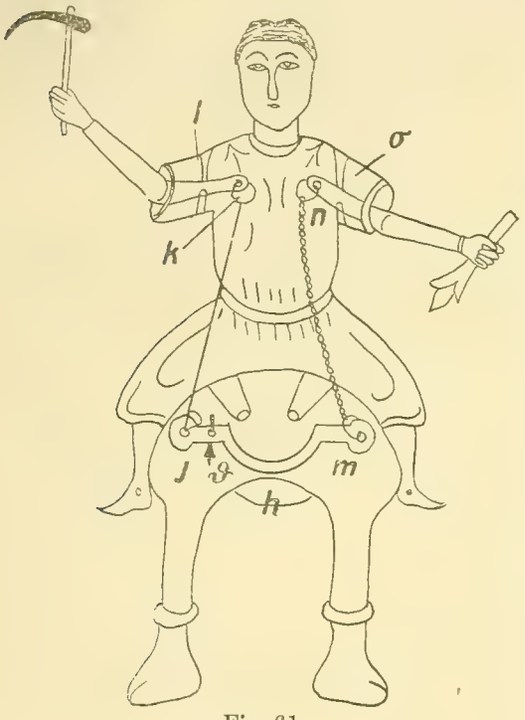


Fig. 61.

[1]) Vom Elefantentreiber aus gesehen.

schiebt man den Schenkel unter das Kamisol; Knie, Unterschenkel und Fufs bleiben hinter dem Ohr des Elefanten sichtbar. Dann bringt man den Elefantenkopf an seine Stelle und macht ihn ganz fest. Endlich stellt man noch zwei Ohren her, die an seinen Schultern anliegen.[1])

Siebenter Abschnitt.

Über die Herstellung der vier Säulen; in der Mitte von je zwei Säulen befindet sich ein Balken.

Man macht aus Messing vier röhrenförmige Säulen, die etwa 3 Sp. lang sind und die Dicke eines Daumens haben. In ihrem Innern befindet sich ein Stab (Pfeil, *Nuschschâb*) aus Holz, um ihnen Halt zu geben. In ihrer Mitte befindet sich eine gravierte Kugel (*mucharram*) und auf ihrem oberen Ende ein [Kapitäl] aus gegossener Bronze, um auf ihm die Füfse der Burg zu befestigen. Die Basis hat am oberen Ende einen männlichen Teil, den man in ein Loch in dem unteren Teil des Fufses der Burg steckt. An den Ecken der Plattform innerhalb des Geländers bringt man vier Basen an, die die Gestalt eines halben Quadrates haben, damit man ungehindert den Aufsatz auf den Kreis im Innern der Plattform setzen kann. Auf jede Basis setzt man ein Rohr von der Länge eines halben Fingers und so weit, dafs das untere Ende der Säulen knapp hineinpafst. Man macht es gut fest. Man setzt jeweilig eine Säule in eine Basis und bezeichnet jede Basis und die zugehörige Säule. Dann bringt man in zwei Einschnitten in den beiden rechten Säulen ein Querstück an, das in der Mitte ein Loch hat und ebenso in den beiden linken Säulen. Sie sind in der Totalansicht (Fig. 58) abgebildet.

Achter Abschnitt.

Herstellung der Burg. Auf ihr befinden sich die Kuppel und die Köpfe der beiden Falken.

Man nimmt eine Messingplatte, die $1^1/_2$ Sp. lang und 1 Sp. und 2 F. breit ist. Man richtet ihre Fläche mit dem Lineal eben und verziert den Unterteil der Platte wie ein Gewölbe. Sie ist in der Totalansicht abgebildet; man stellt drei solche Platten her. Dann nimmt man eine Platte (*s*), die an ihrem oberen Ende um 1 *Fitr* gröfser ist (Fig. 62). Dort zieht man einen Halbkreis (α), dessen Spitze nach oben geht und schneidet das, was über den Halbkreis übersteht, fort. In dem Umfang bohrt man 15 einander fast berührende Löcher. Weiter bringt man an der Platte die Köpfe der beiden Falken an und bohrt in dieselbe drei noch zu besprechende Öffnungen. In dem unteren Teil dieser Platte, in der Nähe der Stelle, wo sie eingesetzt wird, öffnet man zwei Fenster (*f, f*). In jedem von ihnen bringt man den Kopf eines Falken an; sein oberer Schnabel ist abgetrennt und durch ein feines Scharnier wieder verbunden. Der Kopf ist so grofs, dafs aus ihm eine Kugel austreten kann. Das Ende des Halses

[1]) Eine Nachbildung des Elefanten mit seinem Treiber läfst sich gut in Gang setzen.

lötet man im Innern der Platte an; es ist offen, damit die Kugel in den Hals ein- und aus dem Schnabel austreten kann. Dabei bewegt sich der Kopf selbst nicht.

Fig. 62.

Dann bohrt man am unteren Teil der Platte zwei Löcher (bei σ, σ) je in der Nähe der Fenster für die Köpfe der Falken. Endlich macht man in der Mitte der Platte und höher als diese Löcher eine Öffnung (bei q). Man sieht in Fig. 62 auch den Boden der Burg und das tieferliegende Stück, so die verzierten (*muschaddar*) Füfse.

Die vier Platten setzt man rechtwinklig aneinander, so dafs sie eine viereckige Burg liefern; auf einer Seite befindet sich oben der Halbkreis. Man verbindet die Platten gut mit Zinn, das man aber von aufsen nicht sehen darf, während es innen reichlich vorhanden ist. Hierauf verbindet man das Innere der Füfse durch eine stufenweise ansteigende Platte, die der Verzierung der Füfse angepafst ist; so entsteht eine Vertiefung der Mitte des Bodens nach innen, die eine Verschönerung darstellt. Sie hat das Aussehen eines Daches. An jedem Fufs bringt man eine dreieckige mit einem Loch versehene Platte an, in das sich das Säulenende knapp einsetzt. Dann macht man eine messingene Kuppel von solcher Gestalt, wie sie der Künstler schön findet. Oben befindet sich ein zierlicher Knauf, in den von oben ein Loch hineingeht. Der untere Rand der Kuppel ist umgebogen und so zu einem Viereck zugeschnitten, dafs er das obere Ende der Burg ausfüllt.

Neunter Abschnitt.

Herstellung der Rinnen, in denen die Kugeln sich bewegen und Halt machen und aus denen eine Kugel nach der anderen austritt und abwechselnd in den Kopf des rechten und des linken Falken eintritt.

Man nimmt eine Rinne (r_1) mit ebenem Boden und senkrechten Seiten, die 1 Sp. lang ist (Fig. 63). Man befestigt sie im Innern der Burg unterhalb der höchsten Stelle an der rechten Platte der Burg; das nach dem Rücken (a) der Burg gelegene Ende (k) der Rinne liegt höher als das andere, damit die Kugeln in der Rinne nach der Vorderseite laufen.[1]) In dieser Lage lötet man sie an. Sie heifst die erste Rinne. Dann macht man eine zweite Rinne (r_2), die der ersten gleicht und verschliefst ihr eines Ende (l). Der Künstler legt nun diese Rinne vor sich hin, wobei das geöffnete Ende ihm zugewandt ist. An dem anderen Ende macht er rechts von dem verschlossenen Winkel (Ende) in der Seite der Rinne eine Öffnung, in die eine Kugel hineingeht. Die Öffnung geht bis zum Boden der Rinne. Auf dem Rücken (d. h. der Unterseite) der Rinne bringt man unter der eröffneten Stelle senkrecht eine Seite (ein Blech) an, die so grofs ist wie die Öffnung und befestigt sie in dieser Lage.

[1]) Dafs diese Rinne in der Burg soweit „herumgeführt“ wird, dafs sie alle zum Betrieb nötigen Kugeln aufnehmen kann, erwähnt *Gazarî* erst später.

Den Winkel (Stelle), wo die Öffnung angebracht ist, und die eben hergestellte Seite glättet man (d. h. vielleicht, es sollen die Wand der Rinne und das angesetzte Blech genau in einer Ebene liegen).

Auf dem Rücken der zweiten Rinne bringt man eine Achse (*n*) in der Nähe der eben hergestellten Öffnung an. Sie liegt auf $^2/_3$ der Rinne von der offenen Seite ab. Am Ende der nicht verschlossenen Seite bringt man eine Öse (*m*) mit einem Ring an. Diese Rinne heifst die sich bewegende. Dann legt man sie unter einem rechten Winkel quer vor die erste. Die Öffnung der sich bewegenden Rinne kommt auf das Ende der ersten und die Böden beider liegen in derselben Ebene. An den Enden der Achse der sich bewegenden Rinne bringt man zwei feste Lager an, so dafs sich auf ihnen die Rinne auf und ab bewegen kann. Ferner beschwert man das verschlossene Ende, damit es von Natur aus eine bestimmte Lage hat, es soll dabei das verschlossene Ende etwas tiefer als das offene stehen. Legt man in die erste Rinne eine Kugel, so bewegt sie sich in ihr und durch diese Öffnung. Sie bleibt dann an dem verschlossenen Ende [der zweiten Rinne] stehen [dies steht ja tiefer als das offene], sie kann sich zwar in ihm leicht bewegen, es ist aber auch kein Raum neben ihr. Legt man eine zweite Kugel in die erste Rinne, so bewegt sie sich in ihr und macht an der ersten Kugel am verschlossenen Ende Halt. Zieht man nun an dem Ring (*m*) an der verschlossenen Rinne ein wenig nach unten, so senkt sich dies Ende, das verschlossene hebt sich; die Kugel rollt von diesem fort und tritt aus dem offenen Ende aus, an dem sich der Ring befindet. Die der ersten Kugel benachbarte Kugel kann aber nicht vorrücken, da die unter der Rinne angebrachte Wand in die Höhe steigt und die erste Rinne verschliefst. Läfst man nun den Ring los, so kehrt das verschlossene Ende infolge seines Gewichtes in seine Lage zurück. Die zweite Kugel rollt zu dem verschlossenen Ende, wo sie an Stelle der ersten Kugel stehen bleibt; so geht die Sache fort. Die [erste] Kugel fällt zum Schlufs auf eine Stelle in der Mitte des Bodens der Burg. [Das wird noch einmal bis in die Einzelheiten geschildert und mit den Worten geschlossen:]

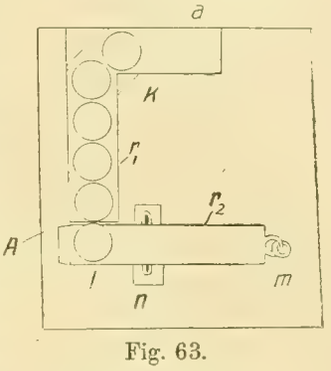


Fig. 63.

Es steht bei *A*: Die Kugel in der beweglichen Rinne mufs die benachbarte direkt berühren. — An dieser Figur wurden zur Erleichterung des Verständnisses an der Berührungsstelle der festen und der beweglichen Rinne einige kleine zeichnerische Abänderungen vorgenommen.

Ich habe die Ausführungen in diesem Abschnitt wiederholt gegeben, damit in den nachfolgenden Ausführungen keinerlei Dunkelheit bleibt.

Zehnter Abschnitt.

Herstellung des Troges (*Haud*), in den die Kugeln fallen und aus dem die Kugeln bald nach rechts, bald nach links austreten.

Man nimmt einen runden Trog, dessen Durchmesser kleiner als 1 *Fitr* ist; er ist unten eben, seine Wandung ist senkrecht und einen Finger breit. An ihm ist ein Rüssel[1]) (*Charṭûm*) (*q*, Fig. 64; *f*, Fig. 65) angebracht, durch den die Kugel aus dem Trog austritt. Fällt eine Kugel in diesen Trog, so rollt sie zu diesem Rüssel. Man stellt den Trog auf zwei Querstücke innerhalb der Burg so auf, dafs er sich unterhalb der sich bewegenden Rinne befindet. Der Rüssel liegt nach der Vorderseite der Burg.

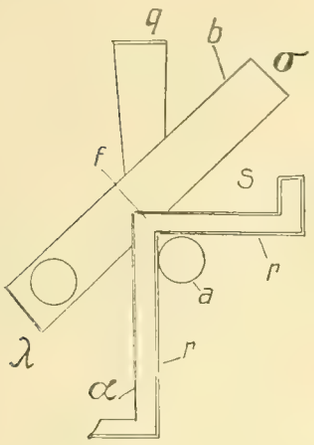


Fig. 64.

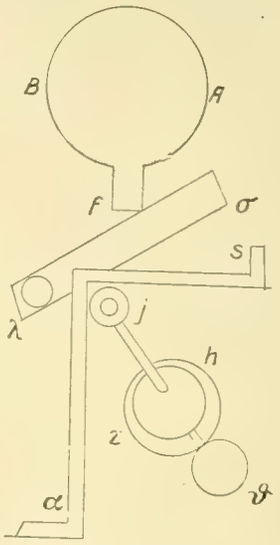


Fig. 65.

Es steht bei *A B*: Trog des Rüssels. — Die Grundfläche dieses Troges liegt nach rückwärts vertikal zur Zeichenebene; ist jedoch in diese heraufgeklappt.

Fällt dann eine Kugel aus [der beweglichen Rinne], so geht sie nach dem Rand des Troges, nicht nach dessen Mitte, und rollt aus dem Rüssel zu der jetzt zu beschreibenden Stelle (Fig. 64). Man nimmt ein etwa 1 Sp. langes Stück einer Rinne (*r*) von der Gestalt der ersten Rinne; man verschliefst ihre Enden (*α*, *s*), so dafs diese gleichsam eine Seite bilden. Dann biegt man sie auf dem Rücken zu einem rechten Winkel (*f*) mit gleichen Schenkeln[2]) um. Im Innern des Winkels bringt man eine querdurchlaufende Achse (*a*) an und lötet sie im Winkel fest. Die Achse springt auf beiden Seiten der Rinne vor. Dann nimmt man eine Röhre (*λ σ*) von der Gestalt eines Fingers und legt in sie eine 5 *Dirham* schwere Blei-(Zinn-)Kugel, die sich leicht in ihr bewegt. Die Enden der Röhre verschliefst man. Ihre Mitte lötet man auf den Rand der Achse, die sich quer unter dem Winkel befindet. Legt man die Achse auf zwei feste Unterlagen, so bewegt sie sich auf ihnen. Notwendigerweise bleibt die Bleikugel an einem Ende der Röhre liegen. Die Hälfte (*α*) der Rinne, auf deren Seite die Kugel sich befindet, steht [nahezu] aufrecht, die andere (*s*) fast horizontal, dabei ist das abgeschlossene Ende ein wenig nach unten geneigt. Legt man auf diese Seite der Rinne eine Kugel, so neigt sie sich, bis sie aufrecht steht und die andere sich der Hori-

[1]) Rüssel oder Ansatz.

[2]) Die Rinne ist jedenfalls schon vorher in dieser Gestalt zusammengelötet, da ein nachheriges Umbiegen einer geraden Rinne technisch unmöglich ist.

zontalen nähert. Die Kugel rollt dann aus dem abgeschlossenen Ende der Rinne heraus. Die Bleikugel, in der auf beiden Seiten verschlossenen Röhre, liegt nun auf dem anderen Ende wie zuvor (bei σ statt bei λ). Legt man nun auf das [jetzt fast] horizontale Ende (α) eine Kugel, so wiederholt sich das Spiel auf der anderen Seite und so fort.[1])

Diese Rinne und die Röhre mit der Kugel heifsen die Wage (*Mîzân*).

Die Rinne bringt man im Innern der Burg folgendermafsen an. Unter dem Rüssel bringt man ein Achsenlager und ihm gegenüber auf der Vorderplatte der Burg ein anderes Lager an. Das Ende der Achse, an dem sich die Röhre mit der Kugel befindet, legt man auf das Lager an der Vorderfläche der Burg und das andere Ende der Achse in das Lager unter dem Rüssel; die Rinne soll sich in den beiden Lagern leicht bewegen. Offenbar kann die Bleikugel nicht in der Mitte liegen bleiben, sondern [nur] an einem Ende. Dies sei λ. Die Seite α steht nahezu senkrecht, s nahezu horizontal, aber etwas nach s geneigt. Fällt nun eine Kugel in den Trog mit dem Rüssel und aus ihm auf eine Seite des Winkels f, so geht sie nach der Seite von s und beschwert diese; sie neigt sich bis in eine fast senkrechte Lage und die Kugel gelangt aus dem Ende s in einen Trog auf den Boden der Burg, der gegen den Kopf des rechten Falken geneigt ist. Die Bleikugel bleibt am Ende σ. Die Seite α steht jetzt fast horizontal, dabei liegt α tiefer als f. Eine jetzt herabfallende Kugel rollt nach α und bewirkt, dafs dieses Ende sinkt usw., endlich kommt sie zu einem Trog, der nach dem Kopf des linken Falken zu geneigt ist.

Nun verfertigt man eine Achse (ϑ, Fig. 65), die sich unterhalb der Rinne befindet. Ihr eines Ende tritt aus dem Loch (q, Fig. 62) in der Mitte der Vorderfläche der Burg heraus und das andere ruht in einem Lager, das auf einer Basis auf dem Boden der Burg befestigt ist. Dann bringt man auf dieser Achse zwei gekrümmte Ansätze (*Schaẓîja*) (z und h) an, deren Enden einander sehr nahe stehen. Auf der Achse der Wage befestigt man einen Querstift (j), dessen Ende man zwischen die Enden von z und h bringt. Neigt sich nun die Wage nach rechts, so stöfst der an ihr unten angebrachte Stift an den linken Ansatz an der Achse (ϑ); diese dreht sich nach links. Neigt sich die Wage nach links, so dreht sich entsprechend die Achse nach rechts.

Elfter Abschnitt.

Herstellung des Ringes, der halb weifs und halb schwarz ist und der die [15] Öffnungen bedeckt, Herstellung der Bewegungsvorrichtung für den Ring, Herstellung des Rades, das den Vogel auf der Kuppel der Burg dreht, und Vollendung der Rinne für die Kugeln.

Man nimmt einen dünnen Ring aus Silber, sein Durchmesser ist so grofs wie der des Kreises der Öffnungen und seine Breite etwas gröfser als der Durchmesser einer Öffnung. Auf der einen Hälfte wird das Silber geschwärzt. Dann nimmt man eine runde Kupferscheibe, deren Durchmesser gleich demjenigen des Ringes ist. Man richtet ihre Fläche und ihren Umfang genau her. Dann legt man die Scheibe genau auf den Silberring und lötet sie auf ihm fest. In der Mitte der Scheibe bringt man

[1]) Wir haben diese ganze Anordnung mit bestem Erfolg nachgebildet.

eine Achse an, die an der Vorder- und Rückseite der Scheibe vorspringt. In dem Mittelpunkt des Kreises mit den Öffnungen bohrt man vom Innern der Burg aus ein Loch, das aber nicht bis zur Vorderseite hindurchgeht. In das Loch setzt man das Ende der Achse auf der Vorderseite der Scheibe, d. h. der Seite, auf der sich der Silberring befindet. Das andere Ende auf der Rückseite der Scheibe befestigt man auf einem Querstück, dessen Enden in zwei Ecken der Burg befestigt sind. Der Ring bedeckt die Löcher; soll er gedreht werden, so dreht er sich leicht mit der Scheibe. Auf dem Rand der Scheibe (*a*, Fig. 66), und zwar auf dem Halbkreis,[1]) der der weifsen Hälfte des Silberringes entspricht, bringt man 30 Zähne (*b*, *b*) an, die senkrecht auf dem Rande stehen. Jeder hat Gestalt und Länge eines Gerstenkorns (*Schaʿîra*).[2]) Sie stehen voneinander genau gleich weit ab.

Die schwarze Hälfte möge nun die Öffnungen bedecken, die weifse mit den Zähnen möge unten sein. Wir machen nun ein Scharnier, dessen beide Teile durch einen Stift verbunden sind. Die beiden Hälften des Scharniers sind nun so hergestellt und gebogen, dafs wohl eine Bewegung in einem Sinne stattfinden kann, nicht aber im anderen, da sich dann der eine Teil an den anderen längs anlehnt; dann bilden die beiden Teile des Scharniers eine gerade Linie. Das eine Scharnierband ist länger als das andere. Quer durch das längere steckt man in der Nähe des Stiftes, um den sich die Bänder bewegen, eine Achse (*g g*). Der sich nicht bewegende längere Teil ist *w*, der kürzere *e*.

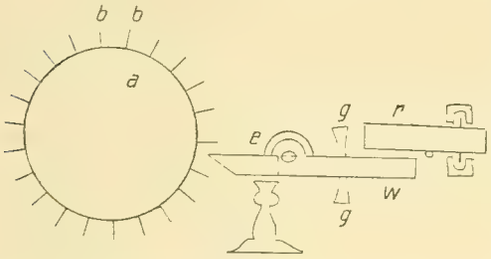


Fig. 66.

Die Achse der Rinne *r* steht senkrecht zur Zeichenebene, ist jedoch in diese hereingedreht; ebenso die Achse *g g*.

Die Achsenenden setzt man in zwei Lager, von denen sich das eine fest in der Platte an der rechten Seite der Burg befindet, das andere auf einem die Bewegung nicht hindernden Querstück.

Die nach oben, aber nicht nach unten, drehbare Seite verhält sich nun folgendermafsen. Zieht man die sich nach unten bewegende Rinne (*r*) an dem an ihrem Ende befindlichen Ring bis zu einer Stelle, über die sie nicht hinaus kann, so geht das lange Ende (*w*) des Scharniers um eine ganz bestimmte Strecke nach unten, während das kurze (*e*) um eine bestimmte Strecke in die Höhe steigt. Der an diesem Ende des Scharniers befindliche Zahn wird um eine festgelegte Strecke, nämlich um den halben Durchmesser der Öffnungen, gehoben. Die Scheibe selbst dreht sich und die Hälfte der ersten Öffnung wird weifs. Kehrt die sich bewegende Rinne in ihre Lage zurück, so hebt sich ihr Ende von dem leichteren Ende (*w*) des Scharniers ab, das andere Ende (*e*), an dem sich der Stift befindet und das mit Blei beschwert ist, sinkt infolge seines Gewichtes. Das kurze Ende (*e*) biegt sich (dabei nach oben) um

---

[1]) In Fig. 66 gehen die Zähne um die ganze Scheibe herum.

[2]) In der Oxforder Handschrift sind die Zähne als Stifte, in der Leydner als ∧ gezeichnet.

und tritt aus dem Zwischenraum zwischen dem ersten und zweiten Zahn heraus und kommt zwischen den zweiten und dritten Zahn. So geht es jedesmal, wenn an dem Ende der sich bewegenden Rinne gezogen wird.

Ich beschreibe nun das Rad, das sich auf einem Eisenstab im Innern der Burg befindet und dessen Ende aus dem oberen Ende des Knaufes auf der Kuppel hervorragt.

Man macht nun einen Eisenstab, der von dem Boden des Gefäfses mit dem Rüssel bis zum Loch in dem Knauf auf der Kuppel und noch 1 F. weiter reicht. Dann macht man ein Rad mit schräg gestellten Flügeln. In seine Mitte setzt man das Ende des Stabes ein, das [nach unten] um eine Fingerbreite vorspringt. Dies Ende setzt man in ein Lager in der Nähe des Mittelpunktes des Troges mit dem Rüssel, das andere geht durch ein Loch in dem Knauf auf der Kuppel. Auf diesem Ende sitzt ein Vogel von solcher Gestalt, wie sie der Künstler wählt, und zwar aus geknetetem Papier (*Kâġid maʿgûn*). Offenbar dreht sich das Rad, wenn eine Kugel aus der sich bewegenden Rinne auf dessen Flügel fällt; hierauf fällt die Kugel in den Trog und tritt aus dem Rüssel aus.

In dem Ring der sich bewegenden Rinne befestigt man das eine Ende eines eisernen Drahtes (*Scharîṭ*). Das andere Ende läfst man herabhängen. Im Boden der Burg macht man ein Loch, aus dem das Ende des Drahtes herauskommt. Man biegt es zu einem Haken um (Fig. 58, *σ*), der tiefer als der unterste Teil der Burg sich befindet.

Weiter macht man noch eine zweite Rinne, die sich an das obere Ende der ersten anschliefst, da, wo diese an die Rückwand der Burg anstöfst. Die einzelnen Rinnen bilden so zusammen eine Schraube, die an den Wänden der Burg verläuft und sich bis zum Innern der Kuppel erhebt. Man legt dann in die sich bewegende Rinne eine Kugel, an die sich dicht aneinander liegend die anderen anschliefsen, bis es 29 Kugeln geworden sind, entsprechend dem längsten Tage des vierten Klimas. Auf jede Stunde kommen zwei Kugeln.

Das ist, was im Innern der Burg zur Verwendung kommt. Ich habe es ausführlich behandelt, da bei der Ausführung Schwierigkeiten auftreten. Wer diese Arbeit ausführen will, der mufs Geduld haben und sich die Sache lange überlegen, er mufs die einzelnen Figuren vertauschen und die einzelnen Teile verschieden anordnen, da der Raum sehr beschränkt ist, er mufs mit kluger Überlegung sie verlöten und zusammensetzen. Weiter mufs er für eine leichte Beweglichkeit der Enden der Achsen sorgen, er kann die Dinge schwerer machen, wo dies nichts schadet, und einzelne Teile leichter machen, auch wenn dies nicht unbedingt nötig ist. Die Prüfung mufs sorgfältig erfolgen und die stete Überwachung ist die Lebensbedingung für jedes Werke.

Zwölfter Abschnitt.

Herstellung des Balkons[1]) und des auf ihm sitzenden Mannes.

Aus Messing macht man dann eine rechteckige Platte, die Seiten verhalten sich wie 1 : 2. Die Länge der einen Seite entspricht dem Abstand zwischen den zwei Öffnungen am unteren Ende der Vorderwand der Burg. Die eine Längsseite [biegt man um und] gestaltet sie zu einem zierlichen, ziselierten Geländer, so dafs sie gleichsam

[1]) S. Anmerkung S. 117.

zu einem Balkon wird (Fig. 67). An den Enden der anderen Längsseite bringt man unten zwei flache Stäbe an, die knapp in die Löcher $\sigma\sigma$ (s. Fig. 62) an der Vorderwand der Burg gehen. Die Längsseite ohne Geländer liegt an dem unteren Teil der Burg. Man erhält so dort einen Balkon. Aus einem Stück zusammengelegten Kupfers macht man dann das Kamisol eines sitzenden Mannes;[1]) er hebt seine Knie von der Erde so in die Höhe, dafs sie eine mittlere Lage zwischen der horizontalen und der senkrechten Richtung einnehmen.

Die beiden Füfse sind an ihren entsprechenden Stellen am Saum des Kamisols angelötet. Die Hände sind nach rechts und links ausgestreckt, die Handflächen liegen nach hinten, die Handrücken nach vorne. Die Finger sind gespreizt. Die Hände werden in dieser Lage in dem Ärmel befestigt. Dann macht man einen Kopf und gibt ihm eine dunkle Farbe. Den [am Kopf befestigten] Hals durchbohrt man von vorn nach hinten und setzt in das Loch eine Achse ein, deren Enden man an der Brust [und dem Rücken] des Kamisols anlötet. An dem Hals ist [unten] ein Ansatz, der in das Innere des Kamisols geht, sein Ende ist mit Blei beschwert; so kann sich der Kopf nach rechts und links bewegen. In dem Rücken des Kamisols bringt man nun ein Loch an, in das das Ende der Achse eintritt [und fest gelötet wird], das aus dem Loch (q) in der Mitte der Vorderfläche der Burg nur so weit austritt, dafs der Rücken des Kamisols die Vorderfläche der Burg beinahe berührt. Die Füfse des Mannes dürfen aber den Boden des Balkons nicht berühren. Oben haben wir aber erwähnt, dafs der Ansatz an der Wage diese Achse, die sich in den Rücken des Kamisols einsetzt, nach rechts und links neigt. Liegt der rechte Schenkel des Mannes auf dem Fenster, so steht sein linkes Knie in die Höhe, sein Kopf neigt sich nach links[2]) und seine rechte Hand und deren Finger liegen ausgebreitet nach dem Schnabel des rechten Falken zu, während die linke Hand von dem linken Falken fortgehoben ist.

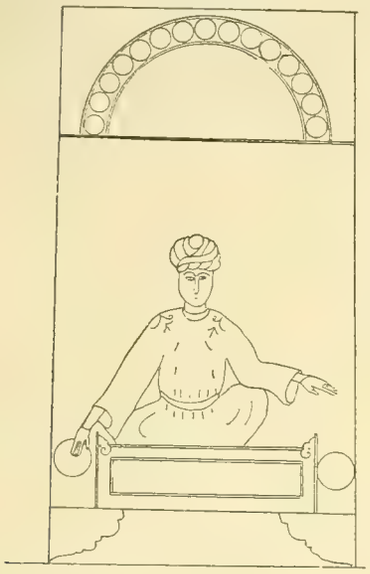


Fig. 67.

Tritt nun eine Kugel aus dem Rüssel aus und fällt auf die rechte Seite der Wage, so neigt sich diese und stellt sich senkrecht, dabei dreht sich die Achse des Mannes nach links; er hebt seine Hand von dem Schnabel des rechten Falken, wobei aus dessen Schnabel eine Kugel austritt. Dann kommen aber die Finger auf den Schnabel des linken Falken, der Kopf des Mannes neigt sich nach rechts und der linke Schenkel sowie die linke Seite der Wage stehen horizontal. So geht die Sache weiter.

---

[1]) Es ist dies der Mann, den Martin als Saladin angesprochen hat (vgl. S. 49).

[2]) Er steht ja eigentlich senkrecht, da aber das linke Knie zu ihm herangekommen ist, scheint er sich nach links zu neigen.

Dreizehnter Abschnitt.

Herstellung der beiden Schlangen auf einer Achse, deren Enden sich in Löchern der Querbalken [an den Säulen] befinden.

Man schneidet ein dünnes Messingblech von $2^1/_2$ Sp. Länge am einen Ende zu einem Punkt zu, am anderen Ende ist es 4 F. breit. Man biegt das Blech zu einem Rohr zusammen und füllt es mit schwarzem Blei. Dann biegt man es, bis sich seine beiden Enden beinahe treffen und beinahe einen kreisförmigen Ring von etwa 4 F. Durchmesser[1]) bilden. Dann nimmt man ein anderes Stück Blech, das 1 Sp. lang ist. Sein eines Ende ist so weit, wie das Ende des Ringes, das andere ist etwas enger. Man lötet das Blech zu einem Rohr zusammen, füllt es mit schwarzem Blei und biegt es etwas in entgegengesetzter Richtung wie den Ring. Dann entfernt man das Blei. Den Kopf und die Klauen des Drachen stellt man in der im dritten Kapitel angegebenen Weise her. So macht man zwei Drachen. Ihre Klauen sind in der Quere durchbohrt, um eine Achse in sie einzuführen, so dafs sie sich auf der Achse drehen können. Man nimmt dazu eine eiserne Achse, deren Länge dem Abstand zwischen den Balken zwischen den Säulen entspricht. In der Mitte der Achse befestigt man eine Rolle aus Kupfer, sie hat eine Rinne, diese ist 1 F. breit und ihr Durchmesser ist ebenso grofs.[2]) Man befestigt sie in entsprechender Lage. Je ein Ende der Achse geht mit Leichtigkeit in die Klauen eines Drachen, so dafs ihre Klauen unten die Fläche der Rolle berühren. Früher ist erwähnt, dafs der Rücken des Drachen schwerer[3]) ist als der Kopf und dafs der Drache sich auf der Achse umwendet. Er hebt seinen Kopf in die Höhe und öffnet sein Maul, als ob er den Falken verschlingen wolle; unter der weit sich ausbreitenden Lippe sieht man die Zähne.[4]) Zu beachten ist aber, dafs die Herstellung des Drachen nicht so genau festgelegt ist, dafs der Künstler [ohne weiteres] auf [meine Beschreibung] zurückgreifen kann, sondern entsprechend der Gröfse der Wasseruhr macht er zunächst ein entsprechend grofses Muster aus Papier und arbeitet dann nach diesem. Er macht dann den einen Teil schwerer oder leichter, biegt ihn zusammen oder auseinander, bis der Drache wie eine Wage im Gleichgewicht ist und sich bei einem kleinen Übergewicht neigt. Man gibt ihm eine möglichst schöne Gestalt.

Hat man die Drachen fertig hergestellt, so setzt man sie auf die Achse, deren Enden sich in den Löchern der vollkommen feststehenden Balken befinden.

Jetzt befestigt man an dem Ende einer jeden der beiden [mit dem Ring (*l*, Fig. 59) am Schwimmer] verbundenen[5]) Ketten je einen feinen Ring, der jeweilig in einer Öse auf dem Rücken eines Drachen befestigt wird.

Der Schwimmer befindet sich im Innern des Elefanten und die Ketten sind [nach seinem Sinken] straff. Fällt nun eine Kugel in das Maul des Drachen, so sinkt dieses hinab, die Kette wickelt sich auf die Rinne auf dem Rücken des Drachen auf.

---

[1]) Aus den Angaben über den Durchmesser dieses Ringes sowie die Länge des Bleches ist zu schliefsen, dafs diese Röhre durch spiralenförmiges Aufrollen des Bleches hergestellt wurde. Vgl. S. 110.

[2]) Über den Zweck dieser Rolle s. S. 133.

[3]) Er ist mit Blei ausgegossen.

[4]) In Fig. 58 hat — wohl versehentlich — nur der eine Drache Zähne.

[5]) Statt einer Kette wie bei der Wasseruhr des Kahnes sind hier zwei nötig; für jeden Drachen eine. Ihre Lage in Fig. 58 ist nicht ganz richtig gezeichnet.

Ist dieser bis zum Becher hinabgekommen, so schüttet der Schwimmer das in ihm enthaltene Wasser aus. Hebt dann der Drache seinen Kopf wieder, da die Kugel herausgefallen ist, und kehrt er in seine Anfangslage zurück, so erscheint der leere Schwimmer auf der Oberfläche. Die in seiner Höhlung befindliche Kugel (vgl. Kapitel III) verläfst diese nicht, da in der Nähe der Scharniere ein Hindernis angebracht ist.

Vierzehnter Abschnitt.

Herstellung der Vorrichtung, die pfeift; dabei glaubt man, dafs der Ton von dem Vogel oberhalb der Kuppel herrührt.

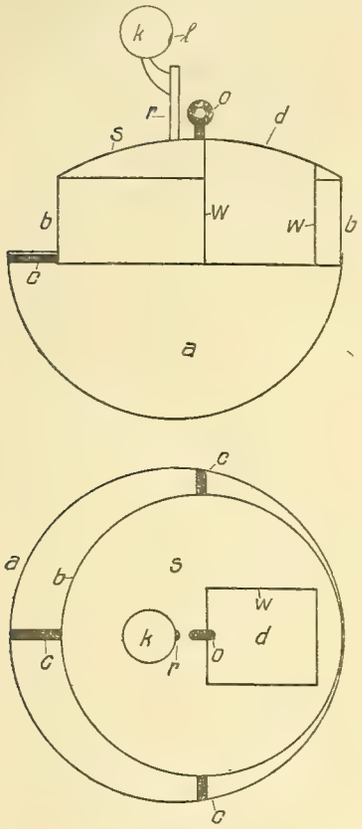


Fig. 68.

Diese Figur stellt nach den Angaben des Textes eine Rekonstruktion des Schwimmers mit der Pfeifvorrichtung dar und zwar in einem Vertikalschnitt und in einer Draufsicht.

Man macht eine Hohlkugel aus Kupferblech (*k*, Fig. 68) und bohrt in sie ein Loch (*l*) von mittlerer Gröfse. Gegenüber dem Rand des Loches bringt man eine Röhre (*r*) an, die enger als das Loch ist. Die Länge der Röhre ist 1 F., damit man sie entsprechend verkürzen kann. Man bläst in das Ende der Röhre, verschiebt sie und verändert ihre Lage, bis der Ton kräftig wird; in dieser Lage lötet man die Röhre an (vgl. auch Fig. 76).[1]

Hierauf macht man eine möglichst leichte Scheibe (*s*) aus Kupfer, deren Durchmesser kleiner ist als der Durchmesser der oberen Öffnung des Schwimmers (*a*), man vertieft sie (erteilt ihr eine Wölbung) und versieht sie mit einem senkrechten 1 F. breiten Rand (*b*). [Man erhält so einen Deckel.] Dann setzt man diesen umgekehrt[2]) auf den Schwimmer. Sein Rand soll den Rand des Schwimmers an einer einzigen Stelle berühren und zwar gegenüber den Scharnieren. Dort lötet man ihn fest. Zwischen diesem Deckel und dem Rand des Schwimmers entsteht ein mondsichelförmiger Spalt. Quer zu dem Rand des Schwimmers nach demjenigen des Deckels zu bringt man drei Ansätze (*c*) (Stifte *Schaẓîja*) an, die den Deckel auf dem Schwimmer tragen. In dem Deckel macht man von dem Mittelpunkt aus nach dem Hinterteil des Elefanten hin einen Spalt (*d*), in dem sich der Faden, der die Kugel (*j*) trägt (vgl. Fig. 56 und 60), leicht bewegt.[3]) Rings um diesen Spalt bringt man [im Innern des Deckels] eine Wand (*w*) an, [die so

[1]) Wir haben eine solche Pfeife nachgebildet, die sehr gut wirkte.

[2]) d. h. mit der offenen Seite nach unten.

[3]) Wie aus späterem hervorgeht, mufs dieser Spalt so grofs sein, dafs man durch ihn auch die den Schreiber bewegende Kugel (*j*) einführen kann.

hoch ist], wie die Seite des Deckels und lötet sie fest. Dann macht man nahe der Mitte des Deckels ein Loch und lötet auf dieses das Ende des Rohres der Pfeife, das dann in die Höhe steht. Auf der Mitte des Deckels befindet sich [ferner] eine Öse (*o*), in der das Ende einer Kette befestigt wird, die etwa 5 Sp. lang ist. Ihr anderes Ende tritt aus einem Loch in der Mitte des Aufsatzes heraus; sie geht zwischen den beiden Drachen über die Rolle in die Höhe. An ihrem Ende befindet sich ein Ring, der in den [Haken des Drahtes] an dem Ring der sich bewegenden Rinne eingehängt wird. Der Schwimmer ist in der Höhlung des Elefanten, die Kette zieht das Ende der sich bewegenden Rinne soweit herab, als dies möglich ist. Die Kette wird durch das Gewicht des Schwimmers und die Kraft des Ziehens gespannt.

Schwimmt der leere Schwimmer auf dem Wasser, so berührt die Kugel der Pfeife beinahe die Platte, welche in dem Aufsatz als Abschluſs für die Rollen dient. Sinkt der Schwimmer, so bleibt die Kugel der Pfeife stets oberhalb der Wasserfläche, so daſs in sie kein Wasser eintritt.

Dann nimmt man ein Stück (*Charaza*) aus Onyx mit einem feinen Loch und befestigt es auf dem Loch der *Tassa* (d. h. des Schwimmers) aufsen mit etwas Wachs. Dann setzt man den Schwimmer in das Innere des Elefanten auf das Wasser und eicht die Mündung mit einem Höheninstrument, bis durch die Öffnung soviel Wasser in den Schwimmer eintritt, daſs er nach einer halben gleichmäſsigen Stunde untersinkt. Dazu erweitert man die Öffnung mittels eines Kupferdrahtes und mit Schmirgel, bis das Ziel vollkommen erreicht ist.

Fünfzehnter Abschnitt.

Herstellung der beiden Becher auf den Schultern des Elefanten, der aufgehängten Zymbel und Ausführung darüber, wie man diese Wasseruhr zusammensetzt.

Man nimmt zwei Becher (*Qadaḥ*) von der Form einer Lampe (*Qandîl*), der Durchmesser der Öffnung am oberen Ende ist gleich der Länge eines Zeigefingers, nach unten werden sie enger. Dann macht man oberhalb der Schulter des Elefanten ein Loch und bringt in ihm ein Rohr (vgl. Fig. 61) an, das nach unten in der Richtung zu der Schale des Löffels geht, der zur Bewegung der Hände des *Karnak* dient, und lötet es in dieser Lage an. Am Boden des Bechers befestigt man eine Röhre, die $^1/_2$ Fingerlänge lang ist und so weit, daſs eine Kugel aus ihr mit Leichtigkeit austritt. Diese Röhre setzt sich streng in die Röhre in der Schulter des Elefanten ein. Fällt in den Becher eine Kugel, so tritt sie an seiner untersten Stelle in die Röhre, dann in die Schale. Ebenso macht man es bei dem anderen Becher. Hierauf macht man eine Zymbel aus *Isfâdrûh* (s. oben). In der Mitte hat sie eine Öse und einen Ring. Man hängt sie mittels des Ringes an einer Öse an einer Seite des Elefanten auf, so daſs die Kugeln auf den Rand der Zymbel fallen.

Man setzt das ganze folgendermaſsen in Gang. Man nimmt vom Elefanten den Aufsatz ab und gieſst Wasser in den Leib des Elefanten, bis es zu den vier

Zeichen kommt, die ich für die Bewegung des Drachen benutzt habe;[1]) das Wasser soll nicht höher und nicht weniger hoch stehen. Der Schwimmer befindet sich in der Höhlung des Elefanten [ist ebenfalls mit Wasser gefüllt worden], und das Wasser kommt soweit über seinen Rand zu stehen, als dem Sinken des Endes der sich bewegenden Rinne entspricht.[2]) Dann setzt man den Aufsatz wieder auf seine Stelle, dabei sinkt die Kugel, die den Schreiber bewegt, durch den Spalt im Deckel des Schwimmers bis in dessen Mitte. Mit der Hand bewegt man dann den einen Drachen, bis seine Lippe den oberen Rand des Bechers berührt, dann läfst man die Hand los und der Drache erhebt sich zu seiner ursprünglichen Stelle. Dabei wird alles Wasser im Schwimmer ausgeschüttet, er schwimmt und die Kugel befindet sich auf seinem Boden. Am Anfang des Tages richtet der Schreiber sein Gesicht nach rechts, sein Schreibrohr ist auf dem Boden des Sitzes und aufserhalb der ersten Zahl der $7^1/_2{}^0$, dann wandert er. Die Öffnungen sind mit der schwarzen Hälfte des Silbers bedeckt, dazu dreht man sie von aufsen mit der Fingerspitze.

Hierauf entfernt man den Vogel von seinem Stab und die Kuppel von dem Schlofs, legt die Kugeln in ihre Rinne ins Schlofs und bringt Kuppel und Vogel wieder an ihre Stelle.

[Nun wird noch einmal das ganze Spiel der Vorrichtung geschildert, wie sich aus dem Vorhergehenden ergiebt, und folgendermafsen fortgefahren.] Beim Untergang der Sonne werden die Kugeln alle an ihre Stelle zurückgebracht und die Sache verläuft in der Nacht wie bei Tage, bis 24 gleichmäfsige Stunden verflossen sind.

Dann schabt man alles aus Messing hergestellte ab und bemalt das, was es nötig hat, mit Farben, wie den Elefanten, den *Karnak*, die Drachen, den Schreiber, den sitzenden Mann im Fenster, die Köpfe der beiden Falken und den Vogel.

Das ist, was ich darlegen wollte.

Jetzt will ich die Wasseruhr des Bechers beschreiben.

Fünftes Kapitel.

Über die Uhr des Bechers (*Kâs*).

Sie liefert den Ablauf der gleichmäfsigen Stunden und deren Teile. Das Kapitel zerfällt in drei Abschnitte.

Erster Abschnitt.

Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren.

Der König *Ṣâliḥ Abu'l Fatḥ Maḥmûd*,[3]) Gott schütze den *Islâm* durch die Länge seines Lebens, forderte mich auf, ein Instrument herzustellen, das keine Ketten

[1]) Diese vier Zeichen sind noch nicht erwähnt; sie sind je in den Ecken oder an den Wänden des Troges angebracht. Sie haben wohl neben dem Zweck, den Wasserstand zu kontrollieren, die Aufgabe, zu prüfen, ob der Elefant senkrecht steht.

[2]) Denn in dem Moment, in welchem beim Betrieb der Uhr das Wasser von oben in den Schwimmer eintritt, beginnt das Ende der sich bewegenden Rinne zu sinken.

[3]) Es ist dies der Fürst, der *Gazarî* zur Abfassung seines Werkes veranlafst hat.

und keine Wagen (*Mîzân*)[1] und keine Kugeln enthält, das sich nicht schnell verändert und nicht verdirbt, und aus dem man den Ablauf der Stunden und deren Teile ersieht. Es sollte eine schöne Gestalt haben und auf der Reise und im Hause ein Gefährte sein. Ich strengte meinen Verstand an und stellte es in folgender Weise her (Fig. 69). Die Uhr besteht aus einem Becher auf einer Basis, oben ist sie mit einem ebenen Deckel bedeckt. Um dessen Umfang läuft eine ziselierte Galerie (*Schurfa*) und auf der Galerie ist ein zierlicher horizontaler Ring, der in $217\,^1/_2$ (= $14\,^1/_2 \cdot 15$) Teile[2] geteilt ist; je 15 Teile entsprechen einer gleichmäfsigen Stunde. In der Mitte sitzt auf einem Sitzplatz ein Schreiber, der in der Hand ein Schreibrohr hält, dessen Ende auf dem Ring ein wenig aufserhalb des ersten Teilstriches

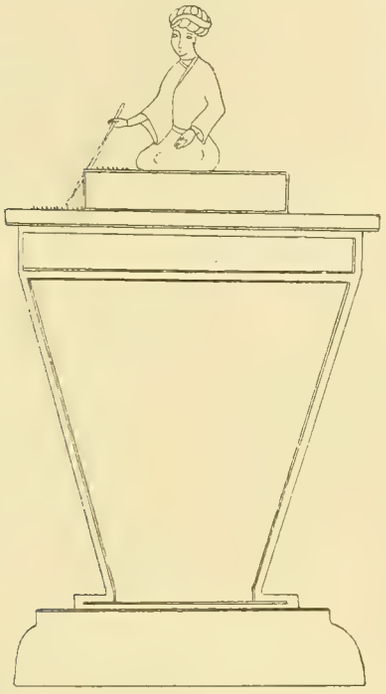


Fig. 69.

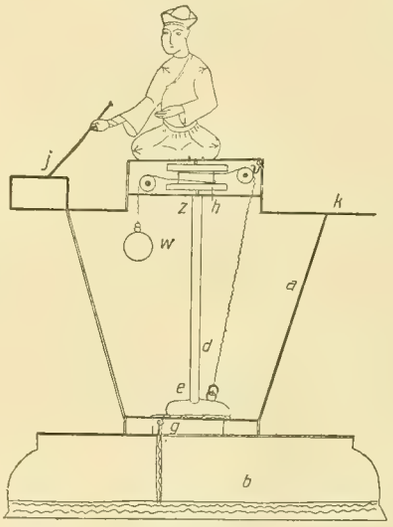


Fig. 70.

liegt. Er wandert vom Anfang des Tages an regelmäfsig nach links, so dafs man es fast nicht merkt, bis er zum ersten Teil der 15 Teile der gleichmäfsigen Stunden gelangt, so geht es Teil für Teil, bis 15 Teile vollendet sind und vom Tage eine Stunde verflossen ist.

Herstellung des Bechers und seiner Basis. Man nimmt ein Stück Messing und hämmert es zu der Gestalt eines Bechers (*a*, Fig. 70); dieser ist unten eng und oben weit; man soll ein Lineal anlegen können von seinem Rand bis zu dem kreisförmigen Winkel (d. h. bis zum Rand des Bodens). Der obere Durchmesser ist etwa 2 Sp., der untere etwa 1 Sp., die Höhe ist 2 Sp.

Dann zieht man aufsen um den Mittelpunkt des Bodens einen kleinen Kreis und macht innerhalb dieses nach dem Innern des Bechers eine 2 F. tiefe Vertiefung.

---

[1] Wagen und Kippvorrichtungen werden bei zahlreichen Kunststücken verwendet.

[2] Der längste Tag hat $14\,^1/_2$ Stunden.

Neben dem Mittelpunkt macht man ein Loch und bringt auf ihm von aufsen ein sehr feines Mündungsstück (*g*) aus Onyx an. Dann füllt man den Becher mit Wasser; dieses soll aus dem Becher in nahezu $14^1/_2$ gleichmäfsigen Stunden ausfliefsen. Dann macht man einen kupfernen Stab (Lineal, *d*), dessen Ende man auf den Mittelpunkt des Bechers innen senkrecht aufsetzt. Oben wird quer auf den Becher ein anderes Lineal gelegt. An der seiner Fläche entsprechenden Stelle des senkrechten Lineals macht man auf letzterem ein Zeichen, das der Höhe des Bechers entspricht. Man läfst den Überschufs des Lineales stehen. Den nicht überstehenden Teil teilt man in $14^1/_2$ gleiche Teile; das Ende, an dem sich der halbe Teil befindet, befestigt man genau senkrecht innen auf dem Mittelpunkt des Kreises. Dann füllt man den Becher mit Wasser und beobachtet dessen Abnahme in einer Stunde mit einem zuverlässigen Instrument. Sinkt das Wasser in einer Stunde bis zum zweiten Zeichen, so ist die Sache in Ordnung. Dann leert man das Wasser aus und füllt es nur bis zum halben Teilstrich am unteren Ende ein, sinkt dann das Wasser von diesem während einer halben Stunde, so ist auch hier die Sache in Ordnung. Sonst hämmert man an dem Becher und erweitert und verengt den oberen und unteren Teil, bis diese und damit das Mündungsstück richtige Resultate geben.[1])

Um die Basis (*b*) herzustellen, hämmert man ein Stück Messing, bis es die Gestalt einer Schale mit ebenem Boden angenommen hat. Ihr Durchmesser ist $2^1/_2$ Sp.; ihre Seiten stehen senkrecht und sind 1 Sp. hoch. Die Basis hat einen Deckel, an dem sich eine Wölbung mit einem Ansatz (Anschwellung, *Nutuww*) in der Mitte befindet, wie eine flache Scheibe, um auf ihn den unteren Teil des Bechers genau aufzusetzen. Die Mitte der Scheibe hat ein rundes Loch, so grofs, dafs man die Hand einführen kann. Den Deckel befestigt man sorgfältig auf der Schale (*Tass*), so dass man kaum die Verbindung erkennt, dann macht man noch zwei Handhaben, an denen der Becher aufgehoben und niedergesetzt werden kann.[2])

Zweiter Abschnitt.

Herstellung des Deckels des Bechers und der Bewegungsvorrichtung für den Schreiber.

Für den Becher macht man einen ebenen Deckel. In seiner Mitte bringt man einen kreisförmigen Sitz an, der 4 F. hoch ist; sein Durchmesser ist um 1 *Fitr* kleiner als der Deckel. Den oberen Teil macht man eben, dieser ist im eigentlichen Sinne der Sitz.

---

[1]) Da der Stab (*d*) in $14^1/_2$ gleiche Teile geteilt war und das Wasser in nahezu $14^1/_2$ Stunden ausflofs, so wurde wohl die Form des Bechers solange durch Hämmern verändert, bis das Wasser nicht nur in der ersten und letzten, sondern in jeder gleichmäfsigen Stunde um denselben Betrag sank, gleichgültig wie hoch es zu Anfang dieser Stunde stand. Mit Bestimmtheit ist das für die später beschriebene Form der Uhr anzunehmen, die auch zur Messung der zeitlichen Stunden diente, da sonst die Herstellung der Teilung sehr grofse Mühe gekostet hätte. Die endgültige Begrenzungslinie war dann nicht, wie in den Figuren 69 und 70 gezeichnet, eine gerade Linie, sondern es bestand zwischen Radius einer Becherstelle (*r*) und deren Abstand vom Mündungsstück (*h*) die Beziehung $r = C \cdot \sqrt[4]{h}$, wobei C eine durch die Dimensionen des Mündungsstückes und die Höhe des Bechers bedingte Konstante war.

[2]) Uhren mit konischen Gefäfsen und einer Öffnung am Boden sind abgebildet bei Bailly, Historie de l'Astronomie moderne usw. Bd. I. Tafel 1. Paris 1779.

Dann macht man eine hohle, leichte, 1 F. breite Rolle (*h*) aus Kupfer; sie ist mit einer Rille versehen. Der Durchmesser der Rille entspricht der Länge des geteilten Lineals, er ist $4^2/_3$ Teile lang. Am Grund der Rille bringt man eine kleine Öse an und befestigt an ihr die Enden zweier glatter miteinander verbundener Ketten. Jede ist um zwei Teile länger als die Teilung des Lineals. Für die Rolle macht man eine in ihren Deckeln festsitzende Achse. Das eine aus den Deckeln vorragende Ende ist ein Gerstenkorn lang und das andere $^1/_2$ F. In die Mitte des Sitzes bohrt man ein Loch und führt durch dieses das lange Ende in das Innere des Sitzes, bis der Deckel der Rolle beinahe die Fläche des Sitzes berührt. Unter dem kurzen Ende bringt man ein Querstück (*z*) mit einem festen Lager an, in dem sich das Ende der Achse dreht. Dann macht man zwei kleine Rollen (*ϑ*); ihre Gabeln befestigt man im Innern an der Seite des Sitzes einander gegenüber und gegenüber der Rille der grofsen Rolle.

Dann macht man einen Schwimmer (*e*) (*ʿAwwâm*) von ausgebauchter (*mufarṭaḥ*) Gestalt, ähnlich einer weifsen Rübe (*Salgama*). Er ist hohl und leicht und so grofs, dafs er leicht in den Sitz an dem Deckel eintritt. Dann schneidet man $^1/_3$ von ihm ab, so dafs das Ganze die Gestalt einer Rübe annimmt, von der man $^1/_3$ abgeschnitten hat. Auf die übrigen zwei Drittel lötet man eine Platte, die den Schnitt verschliefst. Durch die Mitte des Schwimmers macht man ein Loch. Die Öffnung geht auf der anderen Fläche heraus. Dann lötet man eine [viereckige] Röhre von der Gestalt des Lineals zusammen. Man steckt die Röhre in die beiden Löcher und verlötet ihre Ränder mit dem Schwimmer; das Überstehende schneidet man ab. Man kann den Schwimmer auch so herstellen, dafs man, statt das Stück abzuschneiden, in den Schwimmer noch eine kreisrunde Röhre parallel zur ersten Röhre einlötet; in ihr soll das Gegengewicht (*w*) leicht auf- und abgehen, wenn man das Lineal in die erste Röhre eingeführt hat. Man prüft den Schwimmer darauf, ob er wasserdicht ist, da sonst alles verdorben wird.

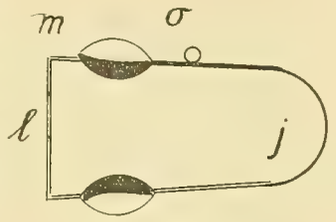


Fig. 71.

Auf der einen Fläche bringt man eine Öse an. Fig. 71 gibt die erste Anordnung. Der Schwimmer ist *j*, die Stelle, an der er abgeschnitten ist, *l*, die Öffnung *m*, die Öse *σ*.

Man schiebt nun das obere Ende des Lineals in die Öffnung (*m*) des Schwimmers, letzterer bewegt sich auf ersterem mit Leichtigkeit, bis er auf der Wölbung am Boden des Bechers aufsitzt. Die eine Kette führt man von der grofsen Rolle über die Rille der einen kleinen Rolle nach unten bis zur Öse am Schwimmer und zwar ganz straff. Die andere Kette wickelt man einmal um die Rille der grofsen Rolle, führt sie um die andere kleine Rolle und befestigt an ihrem Ende ein Gewicht von 10 *Dirham* aus gegossener Bronze. Sinkt dies Gewicht, so steigt der Schwimmer, dabei berührt das Gewicht den Schwimmer nicht, da es sich auf der Seite des abgeschnittenen Drittels befindet. Der überstehende Teil des geteilten Lineals erstreckt sich bis zu dem Querstück unterhalb des Endes der grofsen Rolle und des Deckels auf dem Rande des Bechers; er wird in dieser Lage befestigt. Der Rand des Deckels wird über den

Rand des Bechers gebogen, damit man ihre Verbindung nicht sieht. Auf dem Kreis des Deckels bringt man eine kunstvoll ziselierte Galerie (*j*, Fig. 70) an. An dem Becher befestigt man zwei Henkel, an denen man ihn aufhebt und niedersetzt.

Dritter Abschnitt.

Herstellung des Schreibers.

Aus zusammengebogenem Kupfer macht man einen sitzenden, wunderschönen Mann; er sitzt auf einem Sitz, sein rechtes Knie liegt auf der Erde und in seiner rechten Hand hält er ein langes Schreibrohr, sein linkes Knie steht aufrecht und seine linke Hand umfafst dieses; er ist von dunkler Gesichtsfarbe. Er hat zwei weite Ärmel. Dann bohrt man in seinen untersten Teil ein Loch, in das das über den Boden des Sitzes hervorragende Ende der Achse der grofsen Rolle knapp einpafst; das Loch ist viereckig, dabei berührt beinahe der unterste Teil des Mannes den Boden des Sitzes. Dann macht man einen dünnen daumenbreiten Ring aus Messing, der so weit ist, wie der obere Umkreis der Galerie. Man bringt ihn oberhalb der Galerie an. Durch zwei Ansätze an dem Deckel ist er mit diesem verbunden. Das Schreibrohr bewegt sich über einem Kreis in der Mitte dieses Ringes, es berührt ihn beinahe. Zwischen dem Rand des Ringes und des Sitzes bringt man ein dünnes Querstück an; in seiner Mitte befindet sich ein Loch mit einer Öse für einen Ring, in dem sich ein Senkel (*Schâqûl*) mit spitzem Ende befindet, das beinahe den Deckel berührt.

Dann stellt man die Basis des Bechers horizontal auf, über die Basis setzt man den unteren Teil des Bechers fest ein, so dafs er sich nicht bewegt, sondern sich knapp einsetzt. In den Deckel des Bechers macht man ein Loch (*k*, Fig. 70), in das man einen Trichter mit weiter Röhre einsetzt. Dann gieſst man Wasser in den Becher bis er voll ist; dafs dies erreicht ist, erkennt man an einem Loch an dem oberen Ende der Seite des Bechers, aus dem dann etwas Wasser austritt.

Nun beobachtet man den Senkel und macht auf dem Deckel bei dessen Fufspunkt ein Zeichen, ferner beobachtet man das Schreibrohr. Auf dem Ring macht man ihm gegenüber ein Zeichen und beobachtet von der Zeit, wo das Wasser eingegossen wurde, mit einem Höheninstrument oder einem *Ṭargahâr*, bis eine gleichmäfsige Stunde verflossen ist. Dann macht man nach dem Ablauf einer Stunde ein Zeichen gegenüber dem Ende des Schreibrohres. So verfährt man, bis das in den Becher gegossene Wasser bis zu der oberen Grenze der Wölbung an dem Boden des Bechers durch das Mündungsstück zur Basis ausgetreten ist. Auf dem Boden bleibt etwas Wasser, das den Schwimmer trägt. Der Rest gehört nicht zu der Wassermenge, die in 14 Stunden 30 Minuten austritt. Man hat so den Ring in $14^1/_2$ Teile geteilt. Am Anfang eines jeden Teiles graviert man eine Querlinie ein und schreibt dann jeweilig an die Teilstriche die betreffenden Stunden an.

Dann nimmt man einen (in Grade) geteilten *Ṭargahâr*, setzt ihn [in einem Gefäfs] auf Wasser, füllt den Becher [der Uhr] soweit, bis das Schreibrohr so genau auf dem ersten Zeichen steht, dafs dieses unter ihm nicht zu sehen ist. Steigt das Wasser in dem *Ṭargahâr* zu dem ersten auf ihm befindlichen Strich, der 1 Grad entspricht, so macht man gegenüber dem Schreibrohr ein Zeichen und ebenso für die übrigen

Zeichen auf dem *Ṭargahâr*, bis man 15 Grade erhalten hat, entsprechend einer gleichmäfsigen Stunde. Ebenso verfährt man in allen anderen Stunden. Die Marken auf dem Ring werden als Punkte zwischen den Linien eingraviert.[1])

Man sagt, dafs man diese Uhr des Bechers auch für die zeitlichen Stunden benutzen kann, indem man entsprechende Teilungen anbringt.

Zusatz von der Hand des Verfassers.[2]) Man kann mit dieser Vorrichtung nach den gleichmäfsigen Stunden auch die zeitlichen bestimmen. Dazu ersetzt man den Sitz durch eine grofse Fläche, so dafs man auf ihr 181 Kreisbögen von nahe aneinanderliegenden Kreisen zeichnen kann (ihre 180 Zwischenräume entsprechen der Hälfte der 360 Tage des Jahres). Der gröfste Kreis entspricht den gleichmäfsigen und zeitlichen Stunden für den längsten Tag unter der betreffenden Breite und ebenso denen für die längste Nacht. Jeder Bogen wird in 12 Teile geteilt, die mit Silber bezeichnet werden; der gröfste Bogen wird auch noch in $14^1/_2$ Teile geteilt, die mit rot bezeichnet werden. An Stelle des Schreibstiftes nimmt man eine zugeschärfte Alhidade.[3]) Ihr eines Ende ruht in der Hand des Schreibers, ihr anderes geht durch den gröfsten Bogen, sie liegt über allen Bögen, steht aber etwas von deren Fläche ab. Auf der Alhidade sind 181 Teilstriche angebracht. Liegen die Bögen zu eng aneinander, so fafst man je 10 von ihnen zusammen; jeder Bogen entspricht dann 10 Tagen bezw. 10 Nächten. So habe ich die Sache ein zweites Mal nach Abschlufs des ganzen Werkes gemacht. Diese kurze Darstellung erfafst der, der sich aus den Ausführungen, wie ich sie für diese Gattung gegeben, Rat erholt. Die Zahlen beginnen nun an dem gröfsten Bogen, erstrecken sich aber nicht bis zum kleinsten,[4]) dann gehen sie von dem kleinsten zu dem gröfsten Bogen. Ebenso ist es, wenn man an dem kleinsten Bogen anfängt.[5])

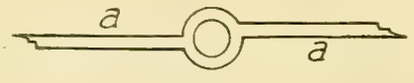


Fig. 72.

[1]) Man hat also hier eine genaue Einteilung in je 4 Minuten.

[2]) Dieser Zusatz findet sich in der Oxforder und der älteren Leydener Handschrift nicht im Text, sondern neben der Figur. Dort ist er, wie aus dem Text hervorgeht, später von dem Verfasser hinzugefügt worden.

[3]) Eine zugeschärfte Alhidade zeigt die Fig. 72, die Kanten *a a* gehen durch den Mittelpunkt (vgl. Beiträge XVIII, S. 36).

[4]) Sonst würden an dem kleinsten Bogen zwei Zahlen stehen.

[5]) Die Einteilung der Scheibe war wohl so, wie es in Fig. 73 für eine mit 18 Teilen (je 10 Tagen entsprechend) versehene Alhidade dargestellt ist. Die 18 Kreisbögen begannen alle an einem eingezeichneten Radius, welcher der Anfangsstellung des Schreibers bei gefülltem Becher entsprach. Sie setzten sich dann von hier aus nach links soweit fort, bis sie je an einen Radius gelangten, welcher der Stellung des Schreibrohres bezw. der Alhidade bei Sonnenuntergang an dem dem betreffenden Bogen entsprechenden Tag entsprach; vorausgesetzt, dafs die Uhr bei Sonnenaufgang in Bewegung gesetzt worden war. Da dem längsten Tag der äufserste Bogen entsprach, so erhielt man damit ein System konzentrischer Kreisbögen, die gegen die Mitte zu immer kürzer wurden. Da nach der Beschreibung der Mantel des Bechers wohl so gehämmert worden war, dafs die stündliche Drehung nahezu konstant war, und da der äufserste, dem längsten Tag von $14^1/_2$ Stunden entsprechende Bogen einen Centriwinkel von 360^0 umfafste, so umfafste der innerste Bogen, entsprechend dem kürzesten Tag von $9^1/_2$ Stunden, nur einen Bogen von 236^0. Bei 18 Bögen war somit jeder folgende

Nun gilt folgendes. Am Tagesanfang füllt man den Becher mit Wasser bis zum Deckel, es fliefst dann aus der Öffnung des Mündungsstückes aus, der Schwimmer ist bis an das Querstück gestiegen und das Gegengewicht bis zum Boden des Bechers gesunken, das Ende des Schreibrohres liegt aufserhalb des ersten Grades. Das Wasser fliefst allmählich aus dem Mündungsstück in die Basis des Bechers, dann sinkt der

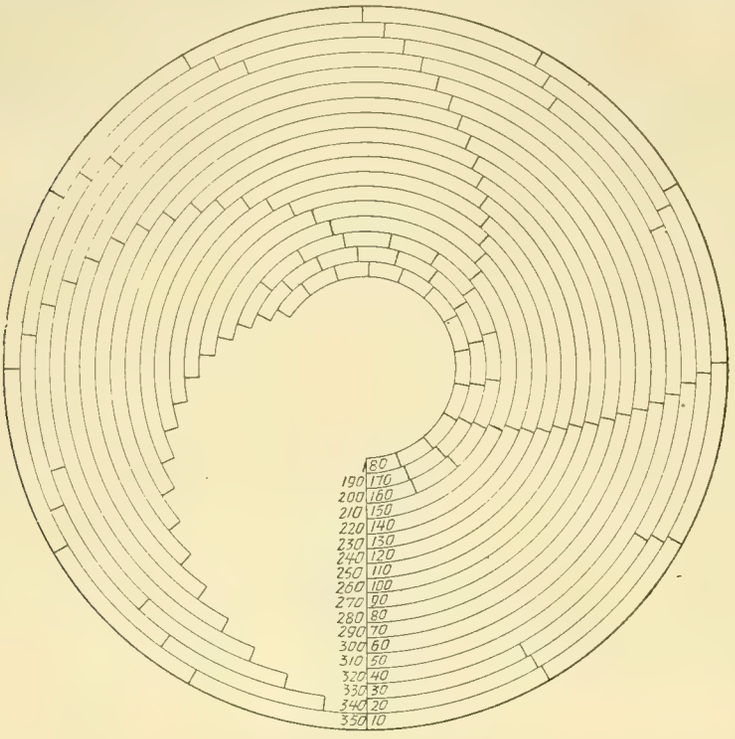


Fig. 73.

Diese Figur gibt nach den Angaben des Textes eine Draufsicht auf die Platte der Becheruhr für die „zeitlichen" Stunden. Die Stundeneinteilung wurde nur in einem Teil der Kreise vollständig durchgeführt. S. Anm. 5, S. 139.

Bogen um rund 7,3° kürzer als der vorhergehende. Die einzelnen Bögen wurden dann jeder für sich in 12 gleiche Teile geteilt; der äufserste aufserdem noch in $14^1/_2$ Teile (diese letztere Teilung wurde in Fig. 73 weggelassen, die erstere dagegen bei einigen Bögen vollständig durchgeführt, während die übrigen Bögen nur geviertеilt wurden). Jeder Bogen entsprach — das Jahr zu 360 Tagen vorausgesetzt — je 10 Tagen sowohl bei abnehmenden als auch bei zunehmenden Tagen. Es waren somit an jedem Bogen für die ihm entsprechenden Tage zwei Zahlen einzutragen. Diese Zahlen waren jedenfalls, wie in Fig. 73 dargestellt, zu beiden Seiten des eingezeichneten Radius eingraviert. Begann man mit den Zahlen beim längsten Tag, so war beim kürzesten nur eine Zahl — nämlich 180 — einzutragen; begann man dagegen mit den Zahlen beim kürzesten Tag, so war dies beim längsten der Fall. Bei dieser Art des Eintragens der Zahlen kamen diese stets alle auf dieselbe Seite des zugehörigen Kreisbogens zu stehen. Der Nacht entsprach stets ein Bogen, der um 180 von dem Bogen des Tages abstand.

Schwimmer und das Gegengewicht steigt, dabei dreht sich die grofse Rolle und zugleich der Schreiber, das Ende des Schreibrohres wandert, bis es 15 Grade durchlaufen hat, dann ist eine gleichmäfsige Stunde verflossen. So geht es weiter, bis beim Sonnenuntergang 14 Stunden 30 Minuten vollendet sind; das ist am längsten Tag im vierten Klima der Fall. Dann wird das Wasser schnell aus der Basis in den Becher zurückgebracht. Der Untersatz (*Ka'b*) fafst ebensoviel Wasser wie der Becher. Der Schreiber kehrt dann in seine Anfangslage zurück; ebenso wie bei Tage geht es bei den Nachtstunden, bis 24 Stunden vergangen sind. Und was hiernach der Tag an Stunden weniger hat, das hat die Nacht mehr und was die Nacht weniger hat, das hat der Tag mehr.

Dann schabt man das, was abzuschaben ist, ab und bemalt, was zu bemalen ist, und macht es möglichst schön.

Sechstes Kapitel.

Die Pfauenuhr, die den Ablauf der gleichmäfsigen Stunden liefert.

Erster Abschnitt.

Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren.

Die Anordnung mufs oberhalb eines Springbrunnens mit Becken[1]) (*Schâdurwân*) oder eines Bassins aufgestellt sein.

Zunächst zeigt sie eine Nische (*Miḥrâb*); an ihrem Boden befindet sich eine Kugel von 1 *Fitr* Durchmesser, auf ihr steht ein männlicher Pfau (Fig. 74) aus hohlem, zusammengefaltetem Kupfer, er ist so leicht wie möglich. Sein Schwanz steht in die Höhe und ist ausgebreitet, als ob er sich zeigen will. Oberhalb der Nische befinden sich zwei Pfauenjungen, beide stehen aufrecht auf den Seiten der Nische, als ob sie miteinander stritten, oberhalb befindet sich noch eine Nische, an deren Boden sich eine Kugel befindet, die kleiner als die erste ist; auf ihr steht ein weiblicher Pfau, der zarter gebildet ist als der männliche. Sein Hals und sein Schnabel strecken sich nach dem rechten Pfeiler[2]) (*Rukn*) der Nische. Darüber befindet

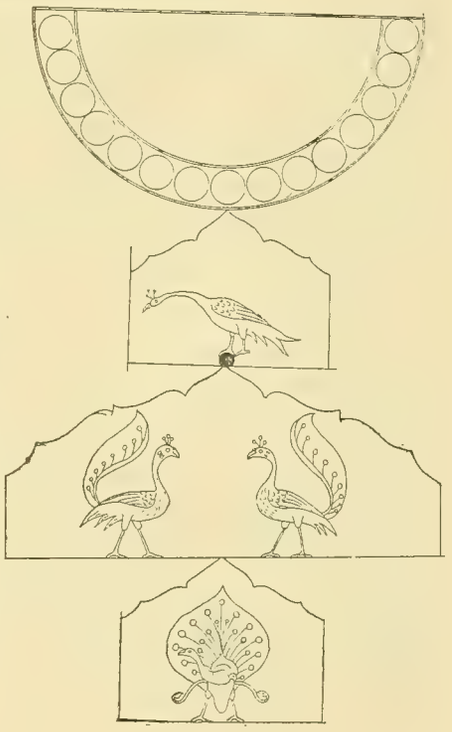


Fig. 74.

[1]) Hier ist nur das grofse Becken selbst gemeint. *Schâdurwân* bedeutet auch einen Staudamm (vgl. Beiträge X, S. 322).

[2]) Vom Pfau aus betrachtet.

sich ein Halbkreis, der nach unten konvex ist; auf ihm befinden sich 15 Glasscheiben (*Gâm*).

Die Anordnung funktioniert folgendermafsen.

Zu Beginn des Tages liegt der Schnabel des weiblichen Pfauen auf dem rechten Pfeiler, dann trennt er sich von ihm und wandert nach links, bis er nach $^1/_2$ Stunde zum linken Pfeiler der Nische gelangt und seinen Schnabel auf den linken Pfeiler legt. Dann ist die erste halbe Scheibe rot, die beiden Jungen streiten und geben einen schrillen Pfiff von sich. Der männliche Pfau dreht sich langsam, als ob er sich zeigen wolle. Das dauert eine kleine Weile. Dann kehrt der weibliche Pfau nach rechts zurück und sein Schnabel auf den rechten Pfeiler, so geht es jede halbe Stunde, bis die Sonne untergegangen ist; dabei sind soviel Scheiben rot geworden, als dieser Tag Stunden hat. Ebenso geht es in der Nacht; nur sieht man an den Scheiben statt der roten Farbe Licht, dieses erfüllt sie entsprechend der Zahl der verflossenen Stunden.

Zweiter Abschnitt.

Herstellung des Wasserinstrumentes in einem Gebäude, das hinter dem *Schâdurwân* sich befindet, höher als dieser ist und sich noch über die Scheiben hinaus erhebt.

Man nimmt ein tiefes Gefäfs (*i*, Fig. 75), das 20 *Mann* (im ganzen ca. 20 kg) Wasser fafst. Ein Überschufs tritt aus einer Öffnung (*o*) in seinem Rande aus. Auf der Seite des Gefäfses in der Nähe des Bodens macht man ein Loch mit einem Mündungsstück (*o*) aus Onyx, das eine geneigte Lage hat; aus ihm tritt eine bestimmte Wassermenge aus. Dann setzt man dieses Gefäfs auf eine feste Unterlage und befestigt es so, dafs es stets dieselbe Lage beibehält. In das Gefäfs fliefst stets soviel Wasser, als aus ihm durch das Mündungsstück austritt. Ist es etwas mehr, so tritt der Überschufs aus der Öffnung in der Wand aus. Das aus dem Mündungsstück austretende Wasser gelangt in eine *Kaffa*. Zu der *Kaffa*[1]) nimmt man ein Gefäfs (*h*) mit ausgedehnten Flächen, das in der Mitte ausgehöhlt ist. Man schneidet von ihm $^1/_3$ ab und befestigt dann am Schnitt eine Platte, die bis zu dem Rande reicht, nachdem man die Ränder des Schnittes einander genähert hat; man erhält so statt der kreisrunden eine längliche Gestalt, nämlich von zwei Drittel eines Kahnes. An dem oberen Ende des Randes der *Kaffa* bringt man quer eine Achse an, und zwar auf einem Drittel ihrer Länge von dem hinteren Ende aus. Die Enden der Achse ragen über die *Kaffa* hervor und werden befestigt. Den im Innern der *Kaffa* befindlichen Teil der Achse schneidet man fort; es bleiben dann nur die beiden Enden übrig, um die sie sich bewegt, denn, wenn sie mit Wasser bis zu ihrem vorderen Ende gefüllt ist, [so kippt sie um und] entleert sich vollständig. *a* ist das vordere Ende der *Kaffa*, *c* die senkrechte Platte am Ende, *s* die Achse. Die Enden der Achse legt man auf zwei festen Pfeilern in zwei Lager, in denen sie sich drehen. An ihrem hinteren Ende ist die *Kaffa* beschwert und sitzt auf ihm auf. Fliefst Wasser in die *Kaffa* bis nahe an den

[1]) Eine entsprechende Beschreibung der *Kaffa* ist schon früher gegeben.

oberen Rand, so neigt sie sich nicht nach der Spitze zu, fügt man aber zu diesem Wasser noch einen *Dirham*, so tritt das Kippen ein und alles in dem Gefäfs enthaltene Wasser fliefst aus. Dann setzt sie sich wieder auf ihr unteres Ende. Nun nimmt man einen Trog (*Haud*) aus Kupfer mit senkrechten Wänden, er ist so weit, dafs in ihm die *Kaffa* aufsitzen kann. Die Enden der Achse der *Kaffa* befinden sich über dem Rand des Troges. Sie selbst sitzt auf dessen Boden. Der Trog selbst ist nach vorne geneigt.

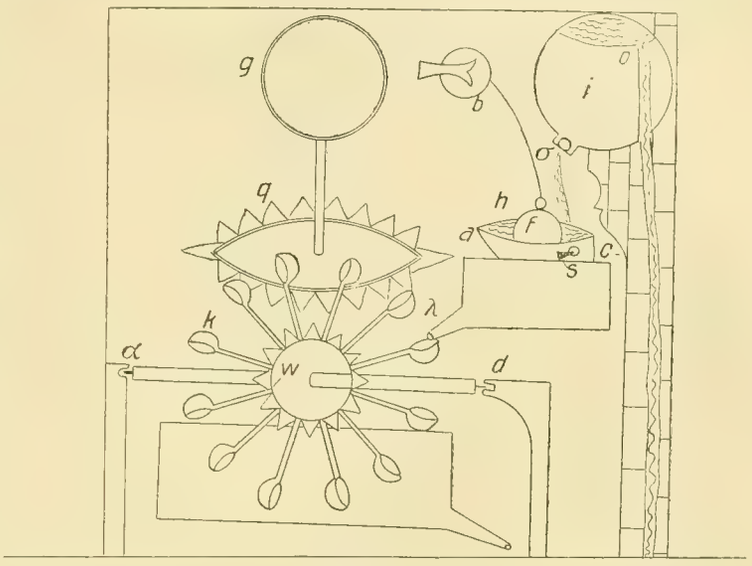


Fig. 75.

Die Achse des Becherrades (*w*) steht senkrecht zur Zeichenebene; ist jedoch in diese hereingedreht.

Der Rand der *Kaffa* ist horizontal. Das Wasser, das aus dem Mündungsstück austritt und zu der *Kaffa* gelangt, soll so bemessen sein, dafs diese sich in einer halben Stunde füllt und entleert, eventuell mufs man das Loch im Mündungsstück vergröfsern.

Vorne am Boden des Troges ist ein weites Loch mit einer Röhre (λ) angebracht, die mit später zu besprechenden Vorrichtungen verbunden ist.

Dritter Abschnitt.

Über den Pfau und seinen Bewegungsmechanismus, durch den er sich in jeder halben Stunde bewegt.

Man nimmt eine möglichst leichte Kugel (*g*, Fig. 75) vom Durchmesser von 1 *Fitr*. Dann macht man eine dünne etwa 3 Sp. lange eiserne Achse. An ihrem Ende befestigt man die Kugel, die sich nicht neigen darf, wenn die Achse sich dreht (die also genau zentriert ist). Man befestigt die Kugel an der Achse. In den Boden der Nische bohrt man in der Mitte ein aufrechtes Loch, das in das Innere des Hauses geht und schiebt durch das Loch das andere Ende der Achse, bis die Kugel beinahe den Boden der Nische berührt. Unter dem nach unten gerichteten Ende befestigt man eine feste Unterlage (*Sukurruga*)[1]) auf einem festen Querbalken. An diesem Ende befestigt man ein

[1]) Hier wird wieder für Lager das persische Wort *Sukurruga* verwendet.

Zahnrad (*g*) mit einem Durchmesser von etwa 2 Sp. Das Zahnrad ist eine runde Kupferplatte, auf deren Rand gleichweit voneinander abstehende Zähne sich befinden. Dann nimmt man eine Achse von 2 Sp. Länge und bringt auf ihrem Ende ein Rad mit grofsen Schalen (*k*) an; der Durchmesser dieses Rades ist 3 Sp. Auf diese Achse setzt man zur Seite des ersten ein weiteres kleines Rad vom Durchmesser von 1 *Fitr*; es ist mit gleichweit voneinander abstehenden Zähnen (*w*) versehen, deren Abstand so grofs ist, wie der der Zähne an dem Rad auf der Achse der Kugel. Man hat also zwei Zahnräder mit zueinander senkrechten Ebenen.

Das eine Ende dieser Achse mit dem Rad lagert man auf einem festen Pfeiler (*d*) in der Nähe des Rückens des *Schâdurwân* und das andere Ende auf einem festen Pfeiler (*a*) (dieser wird als *Mukḫula* bezeichnet, s. S. 7) gegenüber dem *Schâdurwân*. Die Zähne des kleinen Rades auf der Achse des Wasserrades sind, wie erwähnt, gleich den Zähnen an dem unteren Ende der Achse der Kugel für den Pfau und greifen in sie ein. Dreht sich das Wasserrad nach der rechten Seite des *Schâdurwân*, so dreht sich das Rad an der Kugel und die Kugel ebenfalls nach rechts.

Ein Pfau von der oben geschilderten Gestalt wird fest auf der Kugel, auf der seine Füfse ruhen, befestigt. Er neigt sich nach keiner Seite, sondern steht stets genau senkrecht.

Das Wasser, welches aus der *Kaffa* (*h*) ausfliefst, gelangt durch das Rohr (*λ*) auf die Schalen (*k*) des Wasserrades. Im Hohlraum der *Kaffa* befindet sich ein Schwimmer (*f*), in dessen Mitte sich eine Öse befindet. An ihr ist ein Faden befestigt, dessen Ende in die Höhe geht und über eine Rolle (*b*) läuft, die um 1 Sp. höher als die *Kaffa* steht; die beiden Enden der Achse der Rolle sind an einem Querbalken befestigt. Das Wasser tröpfelt nun aus dem Mündungsstück in die *Kaffa* und hebt den Schwimmer langsam. Der Faden, der mit dem Schwimmer verbunden ist, wird schlaff und infolgedessen dreht sich eine Rolle, die noch besprochen werden wird, ebenso wie die Achse, auf der sich der weibliche Pfau befindet. Ist die *Kaffa* voll, so entleert sie sich in ihren Trog, das Wasser tritt in das Rohr (*λ*) des Troges und fliefst auf die Schalen des Wasserrades, dieses dreht sich schnell um; das Rad der Kugel dreht sich langsam wegen der Weite und Enge seines „Umdrehers“ (d. h. wegen des Verhältnisses des Umfanges der beiden Zahnräder).

Vierter Abschnitt.

Herstellung der beiden jungen Pfauen in der Nische und ihrer Bewegungsvorrichtung, so dafs sie streiten. Herstellung des Instrumentes, das pfeift.

Man setzt in die zweite Nische zwei junge Pfauen (*b, b*, Fig. 76), ein jeder steht aufrecht und umkrallt mit seinen Füfsen eine kurze Achse. Diese ist in der Mitte dick, während ihre Enden dünn sind; sie bewegt sich in zwei Lagern, die am Boden der Nische angebracht sind. Der Schwanz der Jungen liegt nach den Pfeilern der Nische zu und ihr Kopf ist in der Nähe deren Mitte, ihr Hals ist gekrümmt und ihr Schnabel nach vorne gesenkt.

Unter der Mitte der Achse macht man einen Schlitz, der in das Haus hinabgeht. In ihm ist [für den linken Pfau] eine Eisenstange (*g*, s. auch Fig. 76a) von

etwa 2 Sp. Länge angebracht. Eines ihrer Enden geht in die Achse in ein diese quer durchsetzendes Loch, man biegt dies Ende um die Achse, so dafs es sie nicht verlassen kann. Das andere hängt in das Haus hinab und ist abgeplattet wie ein Schüreisen (*Siṭâm*). Es sorgt für die aufrechte Stellung des jungen Pfauen auf der Achse und dafür, dafs er keine Neigung nach der Seite erhält, so dafs er beinahe heftig bewegt wird durch das Gewicht des eisernen Stabes und dessen Zug nach unten.[1])

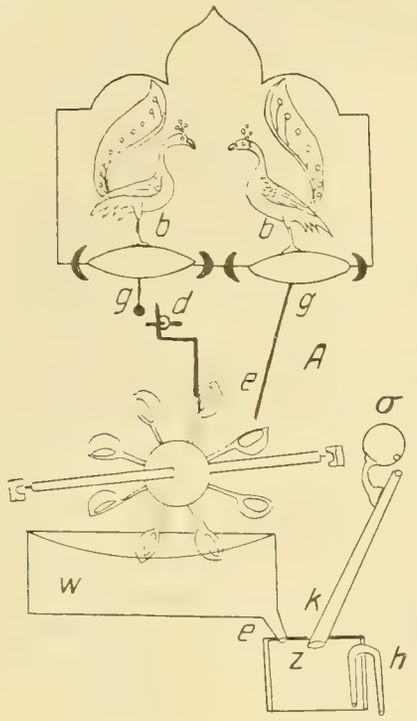


Fig. 76.

Es steht bei *A*: Eines der Enden dieser Achse liegt nach der Innenseite, das andere nach der Vorderseite der Nische, ebenso ist es bei der anderen oberen Achse, damit die beiden sich streitenden Pfauen bewegt werden. — Die Achse des Wasserrades sowie die Achsen der beiden Pfauen stehen senkrecht zur Zeichenebene, sind jedoch in diese hereingelegt worden. Im Original ist der Buchstabe *g* versehentlich doppelt vorhanden; der an der falschen Stelle befindliche wurde hier weggelassen. Die Pfeife (*σ*) befindet sich in Wirklichkeit höher oben.

Dann bringt man gegenüber der Fläche des nach unten gehenden Schüreisens das Ende eines dünnen Eisenstabes (*d*) an, der etwa 4 Sp. lang ist. In einem Abstand von 1 Sp. von diesem Ende bohrt man in den Stab ein Loch und führt in dies Loch eine Achse, die auf der Rückseite des *Schâdurwân* befestigt ist. Dann biegt man die Stange 1 Sp. unterhalb des Loches im Winkel um, dann biegt man sie nach unten, so dafs ihr Ende sich zwischen den Schalen des Wasserrades befindet. Dreht sich das Rad, so bewegt sich der Stab und es bewegt sich der [linke] junge Pfau.

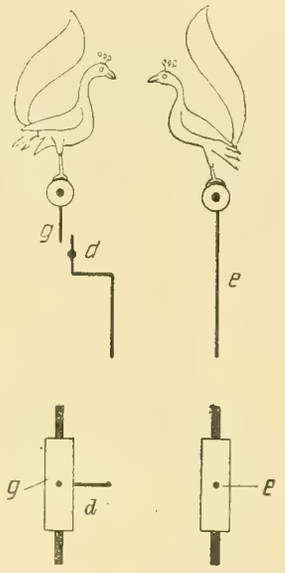


Fig. 76 a.

Diese Figur zeigt die richtige Lage der Achsen der beiden Pfauen in schematischer Ansicht und Draufsicht.

Man bringt nun einen zweiten Pfau gegenüber dem ersten an. Ihre Schnäbel stehen etwa 1 Sp. voneinander ab. Statt der umgebogenen Stange und der Stange, auf der sich das erste Junge befindet, benutzt man hier eine einzige Stange (*e*), deren Ende sich ebenfalls zwischen den Schalen befindet.

Das Bild soll das Ganze erläutern, einschliefslich der Vorrichtung für das Pfeifen, denn dies ist klarer als eine Beschreibung. Dreht sich das Wasserrad, so

[1]) d. h. wenn der Pfau aus seiner Gleichgewichtslage gebracht wird, so kehrt er mit lebhaften Bewegungen in diese zurück.

streiten die Pfauen miteinander. Das Wasser drängt sich aus dem Trog (*w*) unter dem Wasserrad in den im ersten und zweiten Kapitel beschriebenen Kessel (*z*); die Luft wird fortgestofsen und in dem Rohr (*k*) in die an dessen Ende befindliche Kugel (*σ*) einer Pfeife getrieben. Die Pfeife dringt durch den Boden in die zweite Nische in einer Ecke ein, so dafs man sie nicht sieht, wohl aber den Ton der Pfeife hört und meint, dafs er von den beiden Pfauen herrührt.

Fünfter Abschnitt.

Herstellung des weiblichen Pfauen und dessen Bewegungsvorrichtung.

Man stellt in der dritten Nische einen Pfau auf, dessen Füfse sich auf einer Kugel auf dem Boden der Nische befinden. Man macht eine Kupferkugel (*k*, Fig. 77) auf dem Ende einer 1 Sp. langen eisernen Achse und bohrt in den Boden der Nische ein Loch, das sich in das Haus etwa in der Richtung zur Spitze der zweiten Nische fortsetzt. Am unteren Ende der Achse bringt man eine kupferne Rolle (*e*) an, deren Durchmesser etwa 1 Sp. ist. Sie ist hohl und möglichst leicht. In ihrer Rille befindet sich eine Öse. Unter dem Ende der Achse befindet sich auf einem Pfeiler eine Unterlage, auf der sich die Achse dreht. Der Faden (*w*) des Schwimmers (*f*) geht in die Höhe über die Rille der früher erwähnten Rolle (*b*), die etwas über der *Kaffa* sich befindet, dann zu einer anderen Rolle (*l*), die in derselben Ebene liegt und in gleicher Höhe mit der Öse der Rolle (*e*), die auf der Achse der Kugel sich befindet. Man legt den Faden um die der ersten Rolle parallele. Er geht dann quer hinüber und wird an der Öse der grofsen Rolle befestigt und einmal um sie herumgeschlagen. Dann wird er über eine andere kleine Rolle (*z*) geführt, die auf einem Pfeiler befestigt ist. An dem Ende des Fadens wird ein Bleigewicht (*m*) von 50 *Dirham* angebracht. Der Schwimmer ist schwerer. Der Schnabel des Pfauen berührt zunächst den rechten Pfeiler der Nische. Fliefst dann Wasser in die *Kaffa*, so steigt der Schwimmer in die Höhe, es dreht sich die Rolle und der Pfau langsam, bis die *Kaffa* sich neigt und das in ihr enthaltene Wasser ausfliefst. Beim Füllen dreht sich die Rolle und der Pfau auf ihr, bis sein Schnabel an dem linken Pfeiler anlangt. Entleert sich dann das Wasser der *Kaffa*, so sinkt der Schwimmer schnell auf ihren Boden. Die in der Nähe der *Kaffa* befindliche Rolle verhindert, dafs der Schwimmer aus der *Kaffa* herausgeht. Dabei kehrt der Pfau und sein Schnabel schnell zu dem rechten Pfeiler zurück.

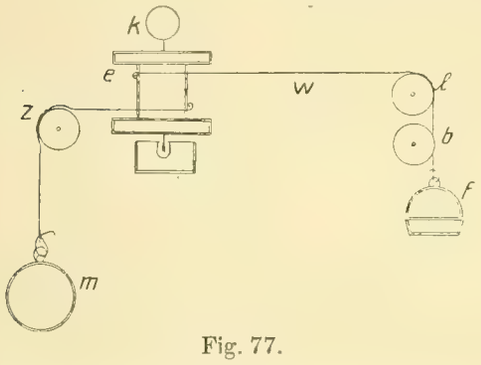


Fig. 77.

Sechster Abschnitt.

Herstellung der Scheiben, der Vorrichtung, die diese bedeckt, und der betreffenden Bewegungsvorrichtung.

Auf den Seiten des Troges für die *Kaffa* bringt man zwei feste Pfeiler (und zwar aufserhalb seiner Spitze) an. Auf ihnen liegt eine Achse aus Kupfer, auf der sich eine Kupferscheibe (*a*, Fig. 78) mit einem Durchmesser von etwa 2 Sp. befindet; auf ihrem Umfang sind 29 Zähne (*j, j*) angebracht. Auf der einen Seite der Platte zieht man einen Kreis mit einem Durchmesser von $1^1/_2$ Sp. Man bringt auf diesem Kreis einen 1 F. breiten Ring (*Iṭâr*, Tamburin, Gürtel) von demselben Umfang an. Seinen Rand biegt man nach aufsen, so dafs man eine Art Rolle erhält. An ihr befestigt man eine Öse. Unter den Rand der *Kaffa* (*e*), nahe an ihrem [vorderen] Ende bringt man ein Gelenk mit zwei Stücken (*d* und *q*) (Gliedern, *Qiṭ'â*) an, die sich auf einer Achse befinden. Das eine biegt man auf einer Seite um das andere, die andere Seite wird aber nicht herumgebogen, sondern sie bildet mit der ersten eine gerade Linie (vgl. S. 128). Das eine Stück ist länger als das andere. Zusammen sind beide 1 *Fitr* lang. Das Ende des längeren lötet man auf den Rand der *Kaffa* nach der Seite des Rades (*a*) zu an; das kürzere Ende liegt zwischen dessen erstem und zweitem Zahn. In dieser Lage füllt sich die *Kaffa* mit Wasser. Sinkt ihr Ende nach unten, so bewegt sich das Gelenk nach unten und verläfst die Stelle zwischen dem ersten und zweiten Zahn und kommt zwischen den zweiten und dritten. Dann entleert sich der Inhalt der *Kaffa*, ihr Ende geht in die Höhe, das Gelenk hebt sich und der zweite Zahn tritt an die Stelle des ersten. So geht es, so oft die Schale sinkt und steigt. Dann nimmt man einen Sperrhaken (*α*) (*Ṭârih*). Dieser ist ein Stück eines Lineals von der Länge von 1 Sp. und der Breite eines Daumens. Man biegt sein eines Ende zu einem feinen Loch um. In dieses setzt man eine Achse, deren Enden an einem festen Querstück befestigt sind, das über der der *Kaffa* benachbarten Stelle liegt. Das andere Ende ist auf die Zähne des Rades gelagert (geworfen *maṭrûḥ*); auf dieser Seite ist es auf eine Fingerbreite im rechten Winkel nach unten umgebogen; das umgebogene Stück tritt zwischen die Zähne ein; es hindert dadurch das Rad sich [rückwärts] zu drehen und nach der Richtung der *Kaffa* umzukehren. So oft sich das Rad von der *Kaffa* fortdreht, tritt das umgebogene Stück zwischen zwei Zähnen heraus und zwar nach der Seite, die dem zweiten benachbart ist. An die Öse der Rille des Rades (*a*) befestigt man das Ende eines noch zu beschreibenden Fadens. Aus Holz macht man dann eine dünne Scheibe, die aus zahlreichen übereinander gelagerten Stücken zusammengesetzt ist, damit sie sich nachher nicht verwirft. Man macht ihre Oberfläche glatt und zieht

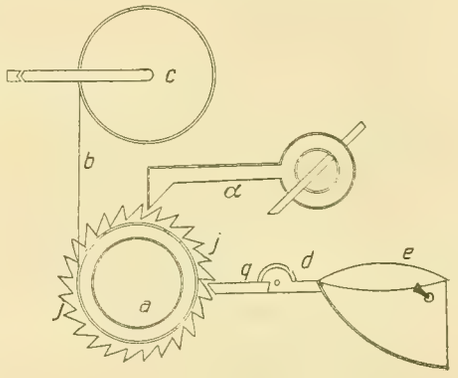


Fig. 78.

Die Achse der Scheibe (*c*) steht senkrecht zur Zeichenebene, ist jedoch in diese gelegt.

auf ihr einen Kreis von $4^1/_2$ Sp. Dann zieht man den Durchmesser der Scheibe und bringt in der einen Hälfte der Scheibe 15 nahe einanderstehende runde Löcher (s. Fig. 79, *I*) an. In jedes Loch setzt man eine ebene Glasscheibe. Nun macht man in das Gebäude eine [halb-]runde Türe oberhalb der drei Nischen und stellt in ihm diese Scheibe mit den Glasscheiben und zwar nach unten auf. Ihr Durchmesser ist horizontal und ihre Rundung legt sich an die runde Öffnung der Türe an. In dem Mittelpunkt dieser Scheibe macht man ein Loch, das nach aufsen beinahe bis zum sichtbaren Teil sich erstreckt. Dann macht man eine Scheibe *II* von der Gestalt der eben beschriebenen Scheibe *I*. Den Zwischenraum zwischen den beiden Kreisen schneidet man bei ihr auf der einen Hälfte der Scheibe fort und entfernt ihn.

Liegt das ausgeschnittene Stück auf der Scheibe der Glasscheiben und das andere Stück nach unten, so bedekt es die Glasscheiben nicht, dreht sich das Stück nach oben, so bedeckt es diese.[1])

Dann setzt man in die ausgeschnittene Scheibe eine Achse, die so lang ist, wie der Abstand der Scheibe [mit den Fenstern] von einer von der Spitze der *Kaffa* ausgehenden geraden Linie [d. h. einer durch diese gelegten Vertikalebene]. Das Ende der Achse schneidet mit der Fläche der Scheibe ab. Auf dieser befindet sich eine feine kurze eiserne Eichel, die man in den Mittelpunkt der Scheibe für die Glasscheiben bringt. Am anderen Ende der Achse bringt man eine scheibenförmige Rolle (*c*, Fig. 78) aus Holz an. Ihr Durchmesser ist auf dem Grund ihrer Rille gemessen 3 Sp., auf der Scheibe zieht man einen Durchmesser gegenüber dem Durchmesser der abgeschnittenen Scheibe und bezeichnet auf dem Grund der Rille die beiden Enden des Durchmessers. An diesen beiden Stellen macht man zwei Löcher. Auf das Ende der Achse nagelt man eine Eichel und legt sie auf eine feste *Mukḥula* (Pfeiler, s. oben) auf einem festen Querstück. Dann befestigt man das Ende eines starken Fadens (*b*) in dem Loch eines Nagels, der so grofs ist, dafs er in eines der Löcher in der Rille geht und in ihm stecken bleibt. Man steckt den Nagel in das linke Loch der Rille, die Scheiben sind enthüllt. Man hebt den Faden nach oben über die Rille, das andere Ende hängt hinab und geht zu dem Rad, das mit der *Kaffa* in Verbindung steht, nämlich zu dem Zahnrad und auf die Fläche des Ringes (s. oben), der zu einer Rolle ausgebildet ist; auf ihr befindet sich eine Öse; das Ende des Fadens wird an der Öse befestigt. Die Öse liegt nicht auf der Seite der *Kaffa*, sondern auf der anderen Seite des Rades.

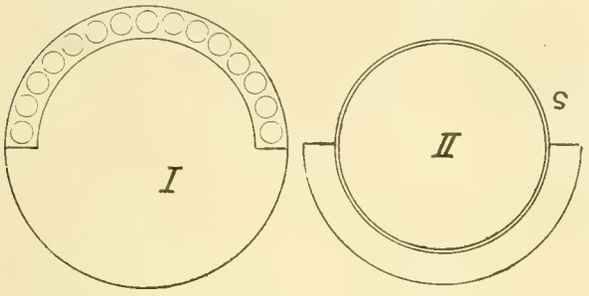


Fig. 79.

Ich sagte: Die *Kaffa* ist voll Wasser und das Ende des Gelenkes liegt zwischen dem ersten und zweiten Zahn; die *Kaffa* neigt sich nun und das in ihr enthaltene Wasser wird ausgegossen; ihr Ende steigt dann in die Höhe. Das Gelenk hebt den

[1]) Hier sind die Glasscheiben nach oben gezeichnet, an der Uhr selbst liegen sie nach unten.

ersten Zahn in die Höhe, dreht das Rad und zieht an dem Faden, mit dem die mit einer Rille versehene Scheibe verbunden ist, und dreht dadurch die Achse und die ausgeschnittene Scheibe. Von den Glasscheiben wird eine halbe bedeckt; dasselbe tritt jedesmal ein, wenn die *Kaffa* sich füllt und entleert.

Dreht sich das Rad mit den Zähnen um einen Umlauf, so dreht sich die Scheibe um einen halben Umkreis, da sie doppelt so grofs ist, und verhüllt alle Scheiben.

Den Raum zwischen den beiden Kreisen auf der ausgeschnittenen Scheibe färbt man rot: so oft eine halbe Scheibe bedeckt wird, erscheint vorne eine rote Färbung.

In der Nacht ist es folgendermafsen: Man versetzt den Nagel am Ende des Fadens von diesem Loch zu dem anderen; am Anfang der Nacht sind dann alle Glasscheiben bedeckt. Dann wird in jeder halben Stunde eine halbe Scheibe enthüllt. Der Vorgang beginnt von rechts bei Tag und Nacht. Der, der die Sache zu bedienen hat, mufs den Nagel am Anfang des Tages und der Nacht versetzen, die Scheibe und das Rad mit den Zähnen drehen und in der Nacht die Lampe anzünden.

Die Sache verläuft nun folgendermafsen: Am Anfang des Tages sind die Scheiben entblöst, man versetzt den Nagel, sie sind farblos. Das Wasser (Fig. 75) tropft aus dem Mündungsstück (o) des Gefäfses (i) in die *Kaffa* (h), der Schwimmer (f) steigt in die Höhe und der Schnabel des weiblichen Pfauen geht vom rechten Pfeiler bis zum linken; ist er dort angekommen, so ist die *Kaffa* voll und entleert sich in den Trog, an ihm ist ein Rohr (λ). Die *Kaffa* kehrt in ihre Anfangsstellung zurück und hebt durch ihre Bewegung das Gelenk (d, Fig. 78) und dreht einen Zahn des Rades (a), dann zieht der Faden (b) an der Scheibe (c) und zugleich an der abgeschnittenen Scheibe *II* (Fig. 79). Dadurch wird eine [halbe] Glasscheibe verhüllt und erscheint rot. Der Sperrhaken tritt aus seinem zugehörigen „Haus“, steigt in das ihm benachbarte „Haus“ und hindert die Bewegung des Rades (a) nach der Seite der *Kaffa*; das ist der einzige Zweck des Sperrhakens. Das Gelenk sinkt in den Zwischenraum der benachbarten Zähne. Aus dem Rohr (λ, Fig. 75) fliefst das Wasser auf die Schalen des Wasserrades (k), dieses dreht sich und bewegt die beiden Stäbe (d und e, Fig. 76) und dadurch werden die beiden streitenden Jungen bewegt. Das Wasser fliefst dann in das Becken (w) unter dem Wasserrad und fliefst in dem mit ihm verbundenen Rohr (e) nach unten. Dessen Ende ist mit dem Kessel (*Qidr*) (z) der Pfeife (*Ṣafîr*) verbunden. Die in ihm befindliche Luft wird zu einem Rohr (k) getrieben, an dessen Ende sich die Kugel (*Bunduqa*) der Pfeife (o) befindet. Man hört einen Ton und glaubt, dafs er von den Jungen komme.

Das kleine Zahnrad wird durch die Drehung des Wasserrades schnell umgedreht und dreht das Rad (q, Fig. 75) am unteren Ende der Achse der Kugel (g) des Pfauen in wohlgeordneter langsamer Weise, und der Pfau bewegt sich. Dann ist eine halbe Stunde des Tages vergangen. Ebenso geht es in der Nacht, man sieht an den Scheiben an Stelle des Rot Licht. Das Wasser, das aus dem Kessel für die Pfeife durch den Heber (h, Fig. 76) austritt, wird nicht mehr benutzt [sondern fliefst zu dem *Schâdurwân*].

Nun reibt man ab, was man aus Messing gemacht hat, wie die Rollen. Das zu bemalende bemalt man, so die Pfauen entsprechend ihrer Natur, und reibt das Ganze mit Sandarachöl ein.

Dieser Apparat wird für die zeitlichen Stunden eingerichtet durch Verwendung des grofsen Wasserbehälters (*Chizâna*), des *Dastûr*, der *Kaffa* und des Rades mit den Schalen, welches das Rad für den Pfauen dreht und die beiden Stangen bewegt.

Steht kein stetiger Zufluſs in den *Ṭâs* (d. h. das erste Gefäſs) zur Verfügung, so konstruiert man einen grofsen Trog, in dem so viel Wasser ist, dafs aus ihm eine entsprechende Menge ausfliefsen kann. Man gieſst dann das Wasser an dem Ende des Tages in ihn zurück.[1])

Siebentes Kapitel.

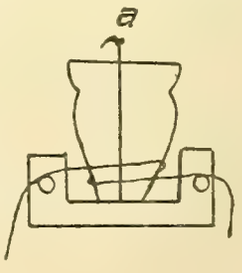
Über die Uhr des Schwertträgers (Scharfrichters *Sajjâf*), durch die man den Ablauf der Stunden mittels einer Wachskerze kennen lernt.

Das Kapitel zerfällt in drei Abschnitte.

Erster Abschnitt.

Ich sage, ich habe von keinem Menschen ein Werk über eine Kerzenuhr gefunden und auch nicht selbst eine solche, die angefertigt war, gesehen. Indes wird von einem Leuchter aus Messing berichtet, in dem sich eine Wachskerze befindet. Ihr Docht steckt in einem Querstück auf dem Ende des Messingleuchters. In der Nähe des unteren Endes der Kerze befindet sich der Kopf eines Löwen. Ist ein Stück der Kerze abgebrannt und eine gleichmäfsige Stunde verflossen, so fällt aus dem Maul des Löwen eine Kugel in den Untersatz (*Qaṣʿa*) des Leuchters. Ich befafste mich wiederholt mit der Sache, um eine Anordnung herzustellen, durch die ich das Obige erreichte, ohne etwas Nebensächliches hinzuzufügen und ohne das Prinzip zu ändern. Ich wufste aber nicht, auf welchem Prinzip das, von dem berichtet wurde, aufgebaut war. Ich habe dann das ausgeführt, was ich beschreiben will.

Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren. Die Anordnung besteht aus einem länglichen kunstvollen Messingleuchter (Fig. 80); an ihm befindet sich ein messingenes Futteral (*e*), das etwa 3 Sp. lang ist. In der Nähe seines unteren Endes sitzt auf einer Stange ein Falke (*k*). Sein Rücken und das Hinterteil seines Kopfes befinden sich im Futteral. Seine Flügel liegen an. Oben am Futteral, aber unterhalb von seinem Ende, befindet sich eine Konsole (*Chirrâga*), die von dem Futteral aus etwa eine Fingerlänge vorspringt. Auf ihr sitzt ein schwarzer Sklave. Er läfst seine Beine hinunterhängen. In der rechten Hand hält er ein Schwert, das quer über seine Brust liegt, seine linke Hand liegt auf der



[1]) In der Leidner Handschrift Nr. 1026 findet sich noch eine Randbemerkung: „Nicht in diesem Buch, sondern an einer anderen Stelle sah ich eine an einem Haken aufgehängte Rolle usw.“ Die nebenstehende Figur gibt die Anordnung wieder. *a* ist der Haken, alles andere ergibt sich von selbst. (Wie die Rolle bei der vorliegenden Anordnung wirkt, ist jedoch nicht zu sehen.)

Konsole. In dem Futteral befindet sich eine Wachskerze. Am oberen Ende der Kerze ist eine mit einem runden Loch versehene Büchse angebracht.

Die Sache funktioniert so, dafs die Kerze zu Anfang der Nacht angezündet wird, dann wird ein Teil verzehrt und sie steigt in die Höhe. Nach Ablauf einer gleichmäfsigen Stunde wirft der Falke aus seinem Schnabel eine Kugel auf den Boden des Untersatzes des Leuchters, der Sklave schlägt mit seinem Schwert nach dem Docht und schlägt das vom Feuer verzehrte fort.

So geht es in jeder Stunde bis zum Morgen. Der abgelaufene Teil der Nacht ergibt sich aus der Zahl der Kugeln.

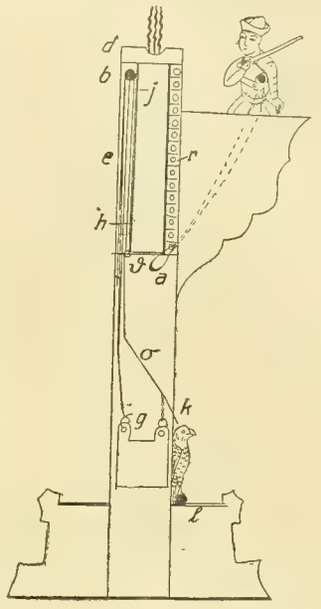


Fig. 80.

Hier wurden die Schnüre von dem Arm des Sklaven zu der Schale (*a*) innerhalb der Konsole gestrichelt nachgetragen. In Wirklichkeit war wohl die Teilung der einen Schnur in zwei bedeutend weiter unten, als dies *Gazarî* gezeichnet hat. — Die Kerze ist hier (und bei den folgenden Figuren *Gazaris*) viel länger und dünner gezeichnet als sich aus den Angaben des Textes über ihr Gewicht ergibt.

Ich beschreibe nun die Herstellung der Anordnung. Man nimmt einen Leuchter (*l*) von $1^1/_2$ Sp. Länge und von konstantem Querschnitt. An dem Leuchter macht man dann ein Futteral (*Ġilâf*),[1] das etwa 4 Sp.[2] lang ist und eine Weite hat, die dieser Länge der Schönheit entsprechend angemessen ist. Den Boden des Rohres (*Barbach*)[3] durchbohrt man und schiebt das Futteral bis zum Boden des Leuchters (*l*) hinein. Futteral und Rohr und Leuchter verbindet man. Von dem Futteral ragen dann $2^1/_2$ Sp. heraus. Aus reinem (*ṣâfî*) Wachs macht man eine 160 *Dirham* schwere und $^1/_2$ Sp. lange Kerze (*j*),[4] der Docht wiegt 2 *Dirham*. Er ist aus reinen Fäden hergestellt. Die Kerze hat von oben bis unten genau die gleiche Dicke. Dann zündet man den Docht an, läfst ihn eine zeitlang brennen und löscht ihn aus. Jetzt beobachtet man die Länge der Kerze und zündet den Docht wieder an. Dabei soll das Ende nicht kalt und das Wachs nicht fest geworden sein. Nun läfst man den Docht eine Stunde brennen, deren Ablauf man mit einem Höheninstrument oder einem geeichten *Ṭargahâr* bestimmt. Die während dieser Zeit verzehrte Länge *l* mifst man genau an einem Lineal (Mafsstab) ab, das man aufbewahrt. Mit *l* mifst man dann 13 Strecken ab,

[1]) Es wird hier das Wort *Ġilâf* benutzt, weil man in das Rohr, das so bezeichnet ist, eine Reihe von Vorrichtungen steckt. Ich behalte daher das Wort Futteral bei.

[2]) Weiter oben hiefs es „etwa 3 Sp. lang".

[3]) Hiermit ist wohl ein Rohrstutzen gemeint, der auf der Deckplatte des Leuchtersockels aufgelötet war. Dieser war so weit, dafs man das Futteral eben in ihn einschieben konnte. Um dieses möglichst fest einzusetzen und zugleich die Höhe des Sockels für den Mechanismus der Uhr ausnützen zu können, wurde dann der Boden des Rohrstutzens, d. h. also die Deckplatte des Leuchtersockels innerhalb des Rohrstutzens, durchbohrt und dann das Futteral eingeschoben.

[4]) Da das spez. Gew. des Wachses 0,96 ist, so berechnet sich der Durchmesser der Kerze zu $d = 2\sqrt{\frac{3 \cdot 160}{0{,}96 \cdot 12{,}5 \cdot \pi}} = 7{,}1$ cm.

die mit der ersten zusammen 14 Stunden entsprechen, und noch zwei weitere, die aber beim Abbrennen nicht in Betracht kommen. Einen etwa vorhandenen Überschufs schneidet man ab. Hierauf verfertigt man aus Kupfer ein zweites Futteral (*h*) von der Länge der Wachskerze und so weit, dafs letztere bequem hineinpafst. Man lötet es aber nicht zusammen, sondern biegt seine Ränder nach aufsen um, so dafs an dem Wachs der Länge nach ein Spalt von Fingerbreite offen bleibt. Steckt man das Futteral *II* in das erste, so ist zwischen beiden eine Rinne von Fingerbreite vorhanden. Der umgebogene Rand des Futterals (*h*) berührt das erste (*e*) von innen (vgl. Fig. 81 und 82). Die Ränder des Futterals (*h*) lötet man [innen] an das Futteral (*e*) der Länge nach an. Oben an dem Futteral (*h*) bringt man rechts und links von der Rinne zwei leichte Rollen (*b*, Fig. 80 und 82)[1]) aus gegossener Bronze an, die sich auf zwei Achsen drehen, die aufserhalb des Futterals (*h*) angebracht sind. Nun macht man ein 400 *Dirham* schweres Bleigewicht (*g*), das in dem Futteral (*e*) sich leicht verschiebt: In zwei einander gegenüberstehenden Löchern befestigt man an dem Gewicht die Enden von zwei Fäden, die man über die Rollen führt.

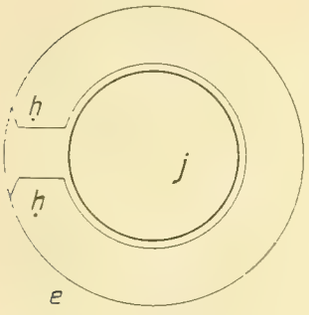


Fig. 81.

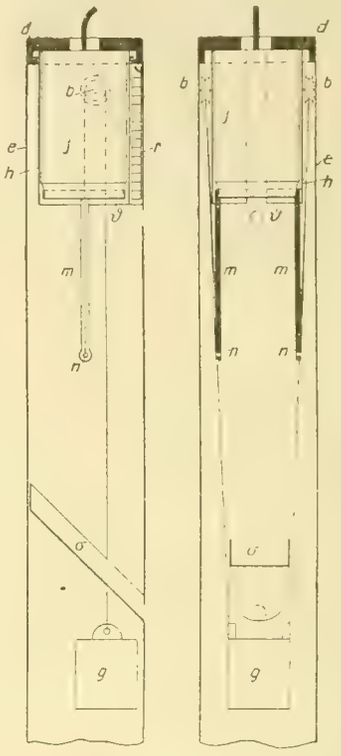


Fig. 82.

Diese Figur stellt nach den Angaben *Gazarîs* zwei zueinander senkrechte Längsschnitte durch den Oberteil der Kerzenuhr dar.

Hierauf macht man aus einem Stück Kupfer eine Art Wagschale (*ϑ*); ihr Boden ist eben und ihre Seiten sind senkrecht, um in diese das untere Ende der Kerze einzusetzen; von dieser entfernt man daher unten soviel, bis ihr Umfang und der der Schale gleich sind. An dem Rand der Schale bringt man [vertikal nach abwärts] zwei Stäbe (*m*, *m*, Fig. 82) an, die einander gegenüberstehen. Sie haben unten zwei Löcher (*n*), an jedem von ihnen wird ein Faden befestigt [und mit dem anderen Ende in dem Loch am Gewicht festgebunden]. Die Schale soll im Futteral (*h*) horizontal sein und [die Löcher in ihren Stäben sollen] vom oberen Rand des Futterales etwa zweimal so weit entfernt sein, als die Kerze lang ist.[2]) Setzt man nun den untersten Teil der Kerze auf die Schale

[1]) In Fig. 80 konnte naturgemäfs nur eine Rolle gezeichnet werden. Diese hat *Gazarî* jedoch — jedenfalls um Überdeckungen in der Zeichnung zu vermeiden — statt seitwärts der Rinne dieser gegenüber angeordnet.

[2]) Das Wort, das ich mit „Stäbe“ übersetzt habe, ist schwer zu lesen, vielleicht heifst es *Zurfînân*. Als „Schale“ mufs hier entweder die Schale mit ihren Stäben aufgefafst

und drückt man auf ihr oberes Ende, so sinkt die Kerze und das Gewicht steigt um 14 Einheiten [wie sie durch die Messung festgelegt werden]. Verringert man den Druck, so steigt die Kerze, bis 14 Einheiten über das obere Ende des Futterales vorragen. Zwei Einheiten steigen nicht darüber heraus.[1])

Aus gegossener Bronze macht man eine Büchse (*d*), die sich auf das Futteral (*e*) genau aufsetzt. Ihr Boden ist $^1/_2$ F. dick und ihre Seiten 1 F. lang. Sie wird sorgfältig auf der Drehbank abgedreht. Oben hat sie ein daumendickes Loch. Die Büchse wird auf dem Futteral (*h*) mittels einer Art Bajonettverschluſs[2]) festgehalten, so daſs sie nur bei einer Drehung nach rechts abgehoben werden kann. Der Docht der Kerze kommt aus der Öffnung in der Mitte heraus.

Zündet man den Docht an, so wird die Büchse heiſs, das Wachs schmilzt und sammelt sich um den Docht. Dann erhält man eine hohe Flamme, die sich bis zu 1 Sp. erhebt. In dem Maſse, als das Wachs schmilzt, steigt die Kerze in die Höhe.

Zweiter Abschnitt.

Herstellung der Rinne für die Kugeln und den Falken.

Man macht eine Rinne, so lang wie die 14 Einheiten und so weit, daſs der kleine Finger hineingeht. Die Rinne teilt man in 14 Teile und teilt diese durch Scheidewände, die den Querschnitt genau ausfüllen ab; man erhält so 14 Häuser. Diese Rinne *II* legt man in die Rinne *I*, die oben beschrieben wurde; ihr offener Teil ist der Kerze zugekehrt. Rinne *II* soll sich leicht in Rinne *I* verschieben. Dann macht man 14 Bronzekugeln, die je etwa 12 *Dirham* wiegen. In jedes Haus legt man eine Kugel und schiebt die Rinne *II* (*r*, Fig. 80 und 82) mit den Kugeln in die Rinne *I* zwischen den beiden Futteralen und dem Wachs [d. h. der Kerze]. Der untere Teil der Rinne *I* liegt parallel mit dem untersten Teil der Schale, oben hängt man sie mit einem Ring an einem Haken im Innern dss Futterales (*e*) auf. Die Büchse setzt man oben auf die Kerze und dreht sie, damit sie nicht heraustreten kann.

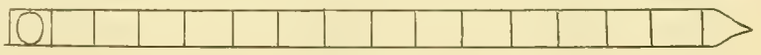


Fig. 83.

Zündet man nun den Docht an und verbrennt eine Einheit Wachs, so steigt die Kerze entsprechend in die Höhe und um ebensoviel die Schale gegenüber dem unteren Ende der Rinne *II*. Dann fällt eine Kugel in das Innere des Futterales (*e*).

Die Fig. 83 gibt die Rinne und eine Kugel.

---

werden, da sie sonst nicht das angegebene Stück unter das Ende des Futterales hinabreichen kann, oder es ist das [ ] zu ergänzen. In Fig. 80 fehlen die Stäbe.

[1]) Es werden die Fäden wohl so abgepaſst, daſs für das Gewicht ein solcher Spielraum ist, daſs, wenn ursprünglich die Schale im gleichen Niveau wie das untere Ende von Futteral *II* ist, es beim Sinken 14 Einheiten der Kerze über den oberen Rand heben kann. Übrigens hat keine der Handschriften eine richtige Zeichnung.

[2]) Die Schilderung ist im Text nicht ganz klar, doch handelt es sich wahrscheinlich um einen Bajonettverschluſs, wie ihn auch *Riḍwân* bei dem *Rubʿ* verwendet (s. w. u.).

Aus zusammengefaltetem Kupfer macht man einen einen Stab umklammernden Falken (*k*, Fig. 80). Der Stab ist mit einem Stift an dem Rohr (*Barbach*) befestigt, während der Rücken und der Hinterkopf des Falken an dem Futteral (*e*) angebracht sind; seine Flügel liegen an. Das Unterteil seines Schnabels bewegt sich um eine Achse in seinem Hals; an ihm ist ein Gewicht angebracht, das es nach oben zieht, so dafs das Unterteil sich an das Oberteil anlegt. An dem Hinterkopf des Falken und in dem Futteral ist ein Loch, aus dem eine Kugel bequem zum Kopf des Falken gelangen kann. Der Schnabel wird dann durch ihr Gewicht geöffnet, sie tritt aus ihm heraus und fällt in den Untersatz des Leuchters.

Dritter Abschnitt.

Herstellung der Konsole (*Chirâga*), des Sklaven und der Bewegungsvorrichtung für seine Hand mit dem Schwerte.

Man stellt eine Konsole aus miteinander verbundenem[1]) Kupfer her. Sie hat zwei zueinander senkrecht stehende Seiten (vgl. Fig. 84). Diejenige (*σ*), auf der der Sklave sitzt, ist kürzer als die (*s*) an der Wand des Futterales (*e*) befestigte. Die Konsole ist hohl; der Hohlraum ist 2 F. weit; die auf dem Futteral befestigte Seite ist etwa 1 Sp., die Seite, auf der der Sklave sitzt, ist etwa 1 *Fitr* lang.

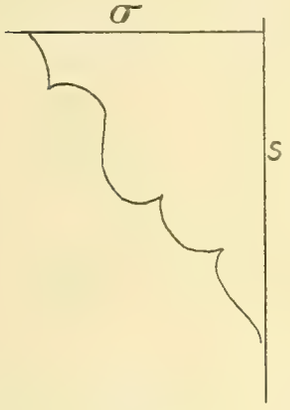


Fig. 84.

In das Futteral bohren wir ein rundes Loch, das an dem unteren Ende der Rinne *I* liegt.

Ferner machen wir eine kurze Rinne (*σ*, Fig. 80 und 82), die breiter ist als die Kugelrinne und von entsprechender Tiefe; ihr eines Ende ist verschlossen. Dieses befestigen wir an der Wand des Futterales gegenüber dem Loch des Futterales am Kopf des Falken, das andere Ende unter dem Ende der Kugelrinne [am Kopf des Falken]. Fällt dann eine Kugel aus der Rinne *II*, so gelangt sie in die Rinne (*σ*) und geht zum Kopf des Falken.

Die Längsseite (*s*) der Konsole befestigt man auf dem Futteral (*e*). Das Ende ihres Fufses befindet sich auf dem Loch; ihr oberes Ende steht 1 *Fitr* unter dem obersten Ende des Futterales. Man befestigt die Konsole; lötet sie aber nicht an.

Auf die Konsole setzt man den hohlen Sklaven; sein Hohlraum ist mit der Konsole verbunden. Seine Füfse hängen herunter und seine linke Hand ruht auf der Konsole; die rechte hält ein Schwert, das quer über der Brust liegt; dieses bewegt sich auf einer Achse im Ärmel schräg von oben nach unten. Ein Fortsatz des Unterarmes geht in das Innere des Sklaven; an ihm befindet sich ein Loch mit einem Gewicht, das schwerer ist als die Hand und das Schwert. In einem zweiten Loch ist ein Faden befestigt, der über eine Rolle in der linken Schulter geht und dann bis in das Innere

[1]) Es wird zwischen zusammengebogenem Kupfer, aus dem der Falke usw. hergestellt wird, und verbundenem, d. h. aus einzelnen Stücken zusammengesetztem, unterschieden.

des Futterales (*e*) hineinhängt (vgl. Fig. 80). Das Ende des Fadens teilt sich dann in zwei Teile, die mit den beiden Enden einer Kupferschale (*a*, Fig. 80) verbunden sind, die die Gestalt der Schale eines *Manganîq*[1]) hat. Sie ist möglichst leicht und nicht ausgehöhlt; sie ist zweckentsprechend angebracht unter der Kugelrinne über der Rinne (*σ*), die zum Kopf des Falken führt. Fällt eine Kugel aus der Kugelrinne, so mufs sie auf die oben erwähnte Schale kommen, sie stöfst mit Gewalt auf sie, beschwert sie, zieht den Faden an der Hand des Sklaven nach oben und links [und damit den Arm selbst nach unten und rechts]. Das Schwert schlägt kräftig auf das Dochtende und dieses wird entfernt. Dies wurde erst nach mehrfachen Versuchen gefunden; man läfst am besten die Schale soweit herab, dafs sie auf das Verschlufsstück am Ende der Rinne (*σ*) gegenüber dem Loch am Hinterkopf des Falken aufsitzt;[2]) dann tritt die Kugel direkt aus der Schale in den Hinterkopf des Falken. Das Gewicht zieht an der Hand des Sklaven; sie hebt sich und die Schale wird in ihre frühere Lage emporgehoben.

Man setzt die Kerze (*j*) in die Schale (*ϑ*) und drückt sie herunter, bis sie sich in dem Futteral (*h*) befindet; dann bringt man die Kugelrinne *II* in die Rinne *I* zwischen dem Futteral (*h*) und dem Futteral (*e*). Aus dem Loch der Büchse ragt der Docht hervor.

Fängt die Kerze zu Beginn der Nacht an zu brennen, so verzehrt das Feuer das Wachs; die Kerze wird durch das Gewicht gehoben, bis eine Kugel frei geworden ist und eine Nachtstunde verflossen ist. Die Kugel fällt in die Schale, die durch einen Faden mit der Hand des Sklaven verbunden ist. Die Schale neigt sich, bis sie den Boden der Rinne (*σ*) berührt, die Kugel rollt dann hinunter, tritt in den Kopf des Falken und fällt in den Untersatz des Leuchters. Der Sklave schlägt mit dem Schwert auf den Docht und schlägt das, was das Feuer verzehrt hat, ab. Dann hebt sich die Schale in ihre Lage zurück.

So geht es Stunde für Stunde bis zum Schlufs der Nacht; in der [äufseren] Schale [vor dem Falken] finden sich so viel Kugeln als die Nacht Stunden hat.

Dieser *Minkâb*[3]) läfst aber nicht die Zahl der abgelaufenen Stunden in einem Klima von gröfserer Breite als dem vierten bestimmen, da dort die längste Nacht mehr Stunden hat; in einem Klima mit geringerer Breite hat man zu viel Stunden.

Nachdem alles sorgfältig hergestellt ist, schabt man das abzuschabende ab, bemalt das zu bemalende, so den Sklaven und den Falken und bestreicht es mit Sandarachöl. Die Bemalung macht man in der Sonne haltbar. Dann erhält sie sich in der Länge der Zeit.

[1]) Zu *Manganîq*, Wurfmaschine, vgl. Beiträge VI, S. 22.
[2]) Demnach ist die Schale in Fig. 80 zu weit oben gezeichnet.
[3]) Hier wird für Uhr ein anderes Wort als sonst benutzt. Vgl. S. 18.

Achtes Kapitel.

Die Uhr des Schreibers.

Sie gibt den Ablauf der gleichmäfsigen Stunden und deren Teile mittels der Kerze. Dies Kapitel zerfällt in drei Abschnitte.

Erster Abschnitt.

Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren.

Es ergeben sich daraus die Stunden und deren Teile.

Ich stiefs auf eine Uhr, die *Ibn Jûnus al Asṭarlâbî*[1]) (der Verfertiger von Astrolabien), Gott sei ihm gnädig, hergestellt hatte.

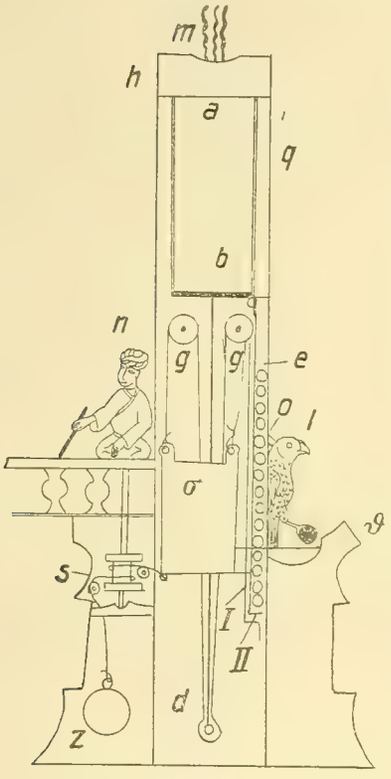


Fig. 85.

Die Rollen (g, g) sowie die Ösen am Gewicht σ sind in dieser Figur um 90° gegenüber ihrer wirklichen Lage verdreht, damit sie in der Zeichenebene liegen; ebenso bei Fig. 86 u. 87.

Sie hat das äufsere Aussehen, wie ich es oben[2]) beschrieben habe. Ein Querstück, in dessen Mitte sich ein Loch befindet, entspricht der Büchse, die ich beschrieben habe, um das Aufsteigen der Kerze zu verhindern. Ich fand aber, dafs das Wachs herabfloſs und die Apparate im Innern des Futterales überzog. Demnach funktionierte die Anordnung mit dem Querstück nicht richtig. Auch hatte das Gewicht eine andere Stelle, als ich ihm angewiesen, ferner waren die beiden Rollen für die Fäden des Gewichtes (g, g) auf der halben Höhe angebracht, ferner fand ich einen Stab, auf dem die Kerze in die Höhe stieg. Damit war aber grofse Mühsal verbunden. Deshalb war eine Konstruktion in dieser Weise nutzlos; sie ging infolge des herabfliefsenden Wachses zugrunde.

Ich stellte nun die folgende Vorrichtung her:

Ich nahm einen Leuchter mit einem messingenen Futteral (s. Fig. 85), unten safs auf einer Stange ein Falke. Rücken und Kopf lagen an dem Futteral. Links vom Falken[3]) befindet sich eine Plattform, auf

[1]) Ob dies der grofse Astronom *Ibn Jûnus* († 1009) ist, mag dahingestellt bleiben; er trägt sonst nicht den Beinamen *al Asṭarlâbî*. Der Zusatz „Gott sei ihm gnädig“ zeigt, dafs es sich um einen Verstorbenen handelt.

[2]) Es heifst wörtlich „in der Einleitung des ersten Kapitels“. Dieselbe Wendung kommt noch einmal vor. In dem vorliegenden Werk ist es aber nicht das erste, sondern das siebente Kapitel. Vielleicht hat *Gazarî* früher eine Schrift über die Kerzenuhren für sich geschrieben und diese dann in das ganze Werk übernommen.

[3]) Der Text hat „rechts“ vom Falken. Offenbar denkt sich der Verfasser in den Schreiber als lebende Person hineinversetzt, während wir uns vor die Zeichnung stellen.

der ein Schreiber sitzt, der in seiner Hand ein Schreibrohr hält, dessen Ende sich über Teilen[1]) eines vollständigen Kreises befindet, die je wieder in 15 Teile („Grade") geteilt sind.

Die Sache funktioniert folgendermafsen: Man setzt die Kerze mit Sonnenuntergang in das Futteral und legt eine Kugel nach der anderen in den Schnabel, bis zu 15 Stück. Dabei befindet sich das Schreibrohr aufserhalb des ersten Grades. Man zündet nun die Kerze an. Ihre Flamme ist gröfser als die Flamme einer Kerze, die ohne eine Vorrichtung brennt. Dies rührt daher, dafs sich das Wachs um den Docht ansammelt. Das Schreibrohr wandert, bis seine Spitze auf das erste Zeichen gelangt ist; es ist dies 1 Grad; dann ist von der Nacht 1 Grad einer Stunde (4 Minuten) verflossen. Ist die Spitze bis zum 15. Grad gelangt, so wirft der Falke in den Untersatz des Leuchters eine Kugel. So geht es, bis die Nacht zu Ende ist. Im Untersatz sind so viel Kugeln, als die Nacht Stunden hat. Das Schreibrohr gibt die Grade, die aus den Kugeln sich nicht ergeben.

Zweiter Abschnitt.

Herstellung des Futterales, des Gewichtes und des Ortes für die Kugeln.

Hier wird anders als im ersten Kapitel verfahren. Dort mufsten die Kugeln so gelagert werden, dafs sie eine Bewegung der Hand des Sklaven auslösen konnten.

Wir machen ein Futteral (*q*, Fig. 85) von der Gestalt einer Kerze; es ist 4 Sp. lang. Das Rohr (*Barbach*) des Leuchters durchbohren wir und stecken das Futteral hinein, bis es den Boden berührt. Wir befestigen das Futteral, löten es aber nicht an, wohl aber das Rohr (*Barbach*) am Leuchter. In der Mitte des Futterales macht man ein Loch (*o*) von der Gröfse einer Kugel, ebenso am Hinterkopf des unten am Futteral aufgestellten Falken (*l*). Die beiden Löcher sollen sich decken. Im Innern des Futterals lötet man eine Rinne *I* an, die von dem Loch bis zum Boden des Futterales reicht. Eine in sie durch den Falkenschnabel hineingestofsene Kugel fällt oben in sie hinein und kommt unten heraus [die Rinne wird später unten verschlossen].

Dann macht man eine Rinne *II*, die $14^1/_2$ Einheiten (vgl. oben) lang ist. In ihr befinden sich 14 Kugeln, die wie Glöckchen (*Gulgul*) hohl sind, sie liegen eine an der anderen, dabei passen sie gut in die Rinne, ohne dafs sie durch sie beengt sind oder eine Bewegung ausführen können, die ihnen Schaden bringt. Die Höhe der Rinne (d. h. deren Tiefe) und ebenso die Breite ihres Bodens ist etwas gröfser als der Durchmesser einer Kugel.

Auf dem Rücken des oberen Endes der Rinne *II* bringt man eine Öse mit einem Ring an. Den unteren Teil verschliefst man und schiebt dies Ende in die Rinne *I*, bis der untere Rand des Loches *o* und das obere Ende der Rinne *II* gleich hoch stehen. Ein an der Rinne *I* angebrachtes Hindernis hindert die Rinne *II* weiter hinunterzugehen. Man befestigt nun die Rinne *I* so, dafs sie keine Lagenänderungen erfahren kann. Zieht man an dem Ring nach oben, so geht Rinne *II* leicht in Rinne *I* nach oben und unten. Durch den Schnabel des Falken stöfst man jetzt 14 Kugeln in

[1]) Es werden auf dem Kreis so viele Hauptteile gemacht, als die Nacht Stunden hat.

die Rinne *II*, das oberste Ende der 14. liegt an dem unteren Rand des Loches *o*. Zieht man den Ring um einen Kugeldurchmesser nach oben, so rollt die erste Kugel durch den Schnabel heraus. So geht es weiter, bis die 14. Kugel herausgerollt ist.

Nun macht man das Gewicht (*o*), es wiegt 400 *Dirham*. Es hat eine Einkerbung (*Nahr*) der Länge nach, die der Rinne *I* entspricht, damit es sich im unteren Teil des Futterales bewegen kann.[1]) Liegt die Rinne *I* in der Einkerbung, so kann das Gewicht ohne Schwierigkeit sich auf- und abbewegen. An dem Umfang des oberen Endes des Gewichtes bringt man rechts und links von der Einkerbung zwei Ösen an,[2]) an denen man die Enden zweier Fäden befestigt. An der inneren Wand des Futterals bringt man rechts und links von der Rinne zwei Rollen (*g, g*) an.[2]) Man führt die beiden Fäden vom Gewicht an der Wand des Futterales in die Höhe und über die Rollen. Dann bindet man ihre Enden zusammen und befestigt sie an dem Ende eines Stabes (*d*), der um zwei Einheiten länger ist, als die [14] Einheiten der Kerze. Man legt den Stab so, dafs das Ende, an dem die Fadenenden angebunden sind, knapp in die Einkerbung am Gewicht geht und den Rücken der Rinne *I* leicht berührt. Dann hebt man das Gewicht um die Länge der Kerze in die Höhe.

Am oberen Stabende bringt man eine horizontale Kupferscheibe (*b*) vom Querschnitt der Kerze an. Man bohrt in diese ein Loch, in das man das Stabende steckt, das um eine Nagelbreite vorragt und in ein Loch am unteren Ende der Kerze (*a*) sich einsetzt. Die Scheibe lötet man am Stab gut an. An dem dem Falkenkopf zugekehrten Rand [der Scheibe *b*] macht man ein Loch mit einer Öse und einen Ring. Letzterer und der Ring am Ende der Kugelrinne werden ineinandergehängt, dabei hat die Kugelrinne ihre tiefste, das Gewicht seine höchste Lage; der Stab möge mit der Hand am Emporsteigen gehindert werden. Überläfst man den Stab sich selbst, so steigt er allmählich, denn das Gewicht sinkt; dagegen steigt die Kugelrinne und Kugel auf Kugel fällt aus dem Schnabel des Falken.

Hier hätte man eine Kugelrinne nach der früheren Methode unmöglich anbringen können.

Dritter Abschnitt.

Aufstellung des Schreibers auf der Plattform und Konstruktion seines Bewegungsmechanismus.

Man macht eine runde oder viereckige Plattform mit Füfsen, die man auf den Untersatz des Leuchters stellt. Ferner stellt man einen sitzenden Schreiber (*n*) aus zusammengefaltetem Kupfer von einer Gröfse her, wie sie für diesen Ort angemessen ist. Sein rechtes Knie liegt am Boden, seine rechte Hand hält ein nach unten gekehrtes Schreibrohr, sein linkes Knie steht in die Höhe und seine linke Hand umfafst dieses, er ist von dunkler Gesichtsfarbe und hat weite Ärmel (*Rudn*). Unten macht man in ihn ein eckiges Loch.

---

[1]) Die Einkerbung ist aber noch wesentlich gröfser, da auch Fäden und ein Stab durch sie geführt sind (s. w. u.).

[2]) Diese sind in Fig. 85 in die Zeichenebene hereingedreht.

Hierauf macht man aus einem Kupferrohr mit zwei Deckeln eine hohle, möglichst leichte Rolle. Ihr Durchmesser ist so gewählt, dafs man einen Faden von $14^1/_2$ Einheiten (s. oben) in einer Windung um sie herumlegen kann.[1]) In ihr bringt man eine Achse an, deren eines Ende um ein Gerstenkorn, deren anderes um eine Fingerlänge vorragt; letzteres führt man durch den Boden der Plattform und setzt es in das Loch im Schreiber. Unter ersterem bringt man ein Querstück mit einem Lager an, damit es unverändert seine Lage beibehält. In dem Futteral macht man der Länge nach von dem Boden bis zum oberen Ende des Untersatzes des Leuchters einen glatten Spalt, damit sich in ihm ein Faden bewegen kann. Weiter lötet man zwei kleine Rollen in entsprechend grofsen Gabeln im Innern des Untersatzes des Leuchters an. Die eine liegt nach dem oberen Ende des Spaltes im Futteral zu und die andere (*s*) ihr gegenüber, so dafs die Rillen der Rollen sich mit der Öse in derselben Richtung befinden.

Nun befestigt man die Mitte einer festen Seidenschnur an der Öse der Rolle. Ihr eines Ende hängt über die Rolle (*s*), die dem Spalt im Futteral nach aufsen gegenüberliegt. Man hängt an dieses ein Bleigewicht (*z*) von ca. 10 *Dirham*; das andere Ende geht, nachdem man es um die grofse Rolle gewickelt hat, über die zweite kleine Rolle; man befestigt es unten am Hauptgewicht (σ). Bewegt sich das Hauptgewicht nach oben, so dreht sich die grosse Rolle und mit ihr die Achse; das kleine Gewicht sinkt.

Man setzt den Schreiber so auf die Achse, dafs er beinahe den Boden der Plattform berührt. Er sieht nach dem Falken zu; die Spitze des Schreibrohres berührt beinahe den vollkommenen Kreis auf der Plattform, der den Schreiber umgibt. Gegenüber der Spitze des Rohres macht man ein abwischbares Zeichen. [Nun setzt man alles, wie früher geschildert, zusammen, nur dafs an Stelle der Schale die Scheibe am Stabe (*d*) sitzt.] Man sieht dann nach Einsetzen der Kerze zu, ob die Spitze des Schreibrohres mit dem zuerst gemachten Zeichen zusammenfällt, denn so mufs es sein, wischt dann das Zeichen fort und teilt den Kreis in $14^1/_2$ Teile. An die Teilstriche schreibt man die Nummern der Stunden. Liegen die Teilstriche zu eng aneinander, so macht man nur an jedem 5. Grad ein Zeichen.

Das Ergebnis ist das folgende:

Man setzt die abgemessene Kerze (*a*) in das Futteral (*q*) auf die Scheibe (*b*). Dann drückt man die Kerze herunter, es hebt sich das Gewicht (σ) vom Boden des Futterales, denn die mit ihm verbundenen Fäden gehen über zwei Rollen (*g*) und ihre Enden sind unten am Stab (*d*), der die Scheibe (*b*) trägt, befestigt. Er geht mitten durch das Gewicht, denn dieses hat einen Einschnitt, in dem sich der Stab und die Rinne *I* befinden. In dieser befindet sich die Rinne *II*, deren oberes Ende, wie erwähnt, mit der Scheibe (*b*) verbunden ist.

Der um die Rolle für den Schreiber gelegte Faden ist unten an dem Gewicht (σ) angebunden; er geht dann über eine kleine Rolle, dann über die grofse und dann wieder

---

[1]) Die Kerze ist etwa $1^1/_2$ Sp. = 36 cm lang, der Durchmesser ist dann etwa $\frac{36}{3}$ = 12 cm. In der Fig. 85 ist die Rolle viel zu klein gezeichnet, sie müfste im Verhältnis zur Kerze etwa dreimal so dick sein, demgemäfs ist auch der Untersatz des Leuchters zu klein gezeichnet.

über eine kleine Rolle (*s*); an seinem Ende hängt das Gewicht (*z*). Der Schreiber (*n*) sitzt auf der Achse der grofsen Rolle, die durch den Boden der Plattform hindurchgeht. Man hat ferner die Büchse (*h*) so aufgesetzt und gedreht, dafs sie nicht heruntergeht. Der Docht (*m*) tritt aus dem Loch im Boden der Büchse hervor, wenn der Docht zu Anfang der Nacht angezündet wird; denn das Feuer verzehrt das Wachs. Das Gewicht (*σ*) sinkt und der Stab steigt mit der Kerze. Die Scheibe zieht die Kugelrinne nach oben, nach einer Stunde fällt eine Kugel (*e*)[1]) auf den Untersatz (*ϑ*) des Leuchters heraus, der Schreiber ist mit der Spitze des Schreibrohres unterdessen über den Kreis gegangen usw. Nach einer genauen Prüfung bedeckt man den Boden des Leuchters mit einer Platte und verlötet deren Umfang mit dem seinigen. Dann schabt man das, was es nötig hat, ab, bemalt den Schreiber und den Falken und ölt nach den früheren Angaben.

Neuntes Kapitel.

Kerzenuhr des Affen.

Das Kapitel zerfällt in zwei Abschnitte.

Erster Abschnitt.

Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren (Fig. 86).

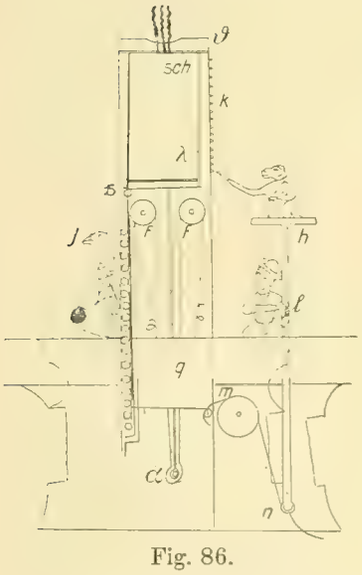


Fig. 86.

Unten an einem Futteral (*k*) aus Messing sitzt auf einem Stab ein Falke (*j*). Rücken und Hinterkopf sind mit dem Futteral verbunden; sein Schnabel bewegt sich, wie oben angegeben, nach unten. Rechts[2]) sitzt auf dem Untersatz des Leuchters ein Mann (*l*), der auf seinem rechten Knie kniet. Sein linker[2]) Vorderarm liegt mit den Fingern usw. auf dem [anderen] Oberarm. An der Schulter liegt eine Stange (Mastbaum *Daql*), die er mit der rechten Hand umfafst. Auf ihrer Spitze befindet sich eine Scheibe (*h*), auf der ein Affe sitzt. Dieser sieht nach dem Falken und drückt sein Knie mit der linken Hand an die Brust. Seine rechte Hand ist ausgestreckt und der Zeigefinger weist auf einen von 218[3]) Punkten auf einer längs des Futterals gezogenen geraden Linie. An jedem 15. Punkt ist geschrieben „erste“, „zweite“ usw. Stunde bis zur $14^1/_2$. Stunde. Die Uhr funktioniert folgendermafsen: Man bringt die Kerze (*sch*) in das

[1]) Die Kugeln sind in Fig. 85 viel zu weit hinaufgezeichnet.

[2]) Vom Beschauer aus; im Gegensatz zu w. o. (vgl. Anm. 3, S. 156).

[3]) Rechnet man auf jede Stunde 15 Intervalle, so erhält man in $14^1/_2$ Stunden 217,5 Intervalle, also ohne den Punkt, der dem Anfang der ersten Stunde entsprechen würde, 217, mit diesem 218 Punkte.

Futteral und die Kugeln durch den Schnabel des Falken in die Kugelrinne, man zündet den Docht am Anfang der Zeit an, dabei weist der Finger des Affen auf das erste Zeichen. Der Affenführer (*Qarrâd*) hebt den Affen ganz langsam auf der Stange in die Höhe, bis sein Finger auf dem zweiten Zeichen liegt; dann ist 1 Grad der gleichförmigen Stunde verflossen. So geht es, bis er am Zeichen der ersten Stunde angelangt ist, dann ist eine solche Stunde der Nacht abgelaufen; nun wirft der Falke aus seinem Schnabel eine Kugel in den Untersatz des Leuchters. Die Stange hat sich um einen Teil der Kerze gehoben. So geht es fort und fort.

Zweiter Abschnitt.

Herstellung des Affenführers, des Affen und dessen, was diesen nach oben hebt.

Man stellt den Leuchter, das Futteral, den Falken her, ferner im Futteral die beiden Rollen, das Gewicht, die Rinne *II*, die Rinne *I*, die die Kugelrinne umschliefst, und die Kugeln, wie dies früher geschildert wurde. Aus zusammengebogenem Kupfer macht man den obenerwähnten Mann (*l*). In ihm bringt man ein Loch an, das von innerhalb der Handfläche zwischen den Schenkeln nach dem Innern des Leuchters geht. In dies Loch führt man eine dünne Stange aus Kupfer ein, auf deren Ende eine zierliche Scheibe (*h*) mit einem Affen aus zusammengebogenem Kupfer (vgl. oben) liegt. Die rechte Hand umfafst die Stange, die sich in ihr mit Leichtigkeit verschiebt. In dem Leuchter bringt man entsprechend dem Loch für die Stange eine Rolle (*m*) an in einer mit dem Untersatz fest verbundenen Gabel. Sinkt die Stange in dem Loch, so bewegt sie sich beinahe in der Rille der Rolle. Die Stange versieht man unten mit einem Loch (*n*) und bindet dort einen Faden an; sein anderes Ende führt man über die Rolle und bindet es an die Öse, die sich unten am Gewicht (*q*) befindet, indem man es durch den glatten Spalt führt, der von dem Boden des Futterales bis zur Grenze des Untersatzes geht.

Man verfährt folgendermafsen:

Man setzt die Kerze (*sch*) in das Futteral (*k*) auf die Scheibe (λ). Drückt man dann die Kerze herunter, so wird das Gewicht (*q*) vom Boden des Futterales (*k*) durch die über die Rollen (*f*) gehenden Schnüre, die an dem unteren Teil des die Scheibe (λ) tragenden Stabes (α) angreifen, gehoben. Der Stab für die Scheibe an der Kerze und die Kugelrinne bewegen sich in dem Ausschnitt des Gewichtes (*q*) nach unten. Das Ende der Kugelrinne ist mittels der Öse (*s*) an der Scheibe (λ) angebunden. Ein Faden, der mit seinem einen Ende mit dem unteren Ende (*n*) der Stange mit dem Affen verbunden ist, geht über die Rolle (*m*), das andere Ende ist unten am Gewicht (*q*) befestigt. Die Büchse (ϑ) auf dem Futteral (*k*) wird wie früher durch Umdrehen befestigt.

Der Betrieb des Ganzen ergibt sich ohne weiteres aus dem Früheren.

Zum Schlufs wird alles gereinigt, bemalt und mit *Sandaracköl* geölt.

Nach[1]) einer Angabe der vorliegenden Abschrift steht in einer nach dem Original selbst hergestellten Abschrift noch: Ich sage, ich habe dies ein zweites Mal

[1]) Dies steht seitlich neben der Figur.

ausgeführt. Ich habe im Innern des Affenführers ein Gewicht angebracht, dessen Faden über eine Rolle unter seinem Hals ging. Dies Gewicht hob den Affen dadurch, dafs es sank [es war das andere Ende des Fadens unten an der Stange angebracht], gleichzeitig wurde er aber auch durch den Faden gehoben, der wie oben angegeben mit dem untersten Ende der Stange an der Scheibe und dem des grofsen Gewichtes verbunden war. Der Zweck des zweiten Gewichtes war, das grofse Gewicht zu entlasten, so dafs es leichter ziehen konnte.

Zehntes Kapitel.

Die Kerzenuhr mit den Türen.

Sie gibt den Ablauf der gleichmäfsigen Stunden. Das Kapitel zerfällt in zwei Abschnitte.

Erster Abschnitt.

Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren.

Von der vorigen Vorrichtung nimmt man nur den Affen und Affentreiber fort; fügt aber eine Anzahl von Dingen hinzu.

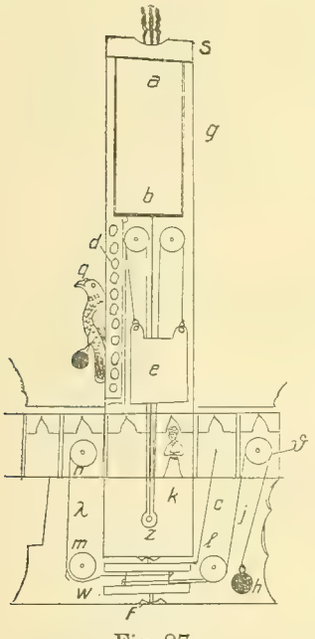


Fig. 87.

Auf dem Umkreis des Leuchters bringt man 14 Türen mit je zwei Flügeln an. Brennt der Docht ab, so öffnet sich nach der ersten Stunde, wenn die Kugel aus dem Schnabel des Falken fällt, die Türe, die in der Verlängerung gegen den Falken (q, Fig. 87) steht. In ihr erscheint eine Figur, so wie sie der Künstler gerade bilden will. Ebenso ist es mit den folgenden Türen.

Die Türen und die Öffnungsvorrichtung für diese, so dafs die Figur erscheint, ist folgende:

Man nimmt eine Rolle (w), die eine Fingerbreite hoch ist. Ihr Umfang ist so grofs, dafs ein Faden von 14 Einheiten Länge einmal um sie herumgeht.[1]) Sie erhält eine Achse, die nur wenig vorsteht. Den Leuchter macht man um einen Daumen länger als die früher beschriebenen. In dem Leuchter bringt man das Futteral (g) an, dessen unteres Ende um die eben erwähnte Daumenstärke vom Boden des Leuchters absteht. Am Boden des Leuchters bringt man ein Querstück an, dessen Länge gleich dem Durchmesser des untersten Teiles des Leuchters ist. Seine Enden lötet man im Innern des Leuchters an. Für die Enden der Achse der Rolle befestigt man ein

[1]) In Fig. 87 hat die Rolle richtigere Dimensionen als die entsprechende in Fig. 85; sie hat bei einer Kerzenlänge von 40 mm ca. 11 mm Durchmesser.

Lager (*f*) auf dem Querstück und eines am Boden des Futterales. Die Rolle (*w*) liegt also zwischen dem Boden des Futterales und dem Querstück auf dem Boden des Leuchters. In ihrer Rille bringt man eine Öse an, an der man die Mitte eines Fadens befestigt. Die Gabel einer kleinen Rolle (*m*), deren Rille der Öse gegenübersteht, lötet man an den Boden des Futterales. Die eine Fadenhälfte (λ) führt man unter dieser Rolle (*m*) in die Höhe bis an die Decke des Untersatzes und dort über eine weitere Rolle (*n*), dann durch eine Öffnung in dem Futteral und bindet sie endlich unten am Hauptgewicht (*e*) fest. Symmetrisch gegenüber von der Rolle (*m*) befestigt man eine Rolle (*l*) und gegenüber von (*n*) eine Rolle (ϑ). Die andere Fadenhälfte (*j*) wird unter (*l*) und über (ϑ) geführt, an ihrem Ende hängt ein Bleigewicht (*h*) von 30 *Dirham*. Der Faden ist einmal um die grofse Rolle geschlungen; dabei ist das Gewicht von 30 *Dirham* nach oben gehoben und berührt die Rille der Rolle (ϑ).

Hebt man das Hauptgewicht (*e*) nach oben, so ist der mit ihm verbundene Faden schlaff und das kleine Gewicht ist auf den Leuchterboden gesunken. Hat sich der Faden von der Rolle abgewickelt und ist das kleine Gewicht bis zum Boden gesunken, so hat die grofse Rolle eine Umdrehung gemacht. Auf der grofsen Rolle bringen wir einen dünnen eisernen Stab (*c*) an, der zunächst ein Stück in die Quere geht und dann senkrecht sich aufrichtet,[1]) so dafs er bis nahe an die innere obere Fläche des Untersatzes reicht. Der Stab dreht sich mit der grofsen Rolle.

Zweiter Abschnitt.

Herstellung der Türen und der aus ihnen heraustretenden Figuren.

Man bringt auf dem Umfang des Leuchters und bis zu $^1/_3$ seiner Höhe eine senkrechte Wand an, in die man 14 Türen einsetzt, die gleich weit voneinander abstehen, gleich breit und gleich hoch sind. Jede Türe erhält zwei Flügel in leicht sich bewegenden Scharnieren. Dann macht man 14 Messingplatten, die je die Gröfse einer Türe haben; auf jeder Platte befindet sich das Bild eines Mannes, so wie es dem Künstler gefällt. Man bemalt es, wie es üblich ist. Steht die Platte in der Türe, so füllt die Figur die Türe aus.

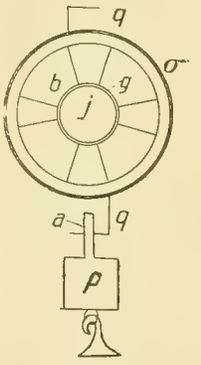


Fig. 88.

Am oberen Ende jeder Platte (*p*, Fig. 88) macht man einen Haken und am oberen Ende jeder Türe eine Öse,[2]) in die man den Haken hängt; am Fufse jeder Platte macht man einen Ansatz (*a*) (*Schazīja*); dann macht man aus Kupfer einen Ring (*σ*).

Den Ring teilt man in 14 Teile und bringt an jedem Teil einen Winkel (*q*) (*Ġurāb*, s. w. oben) an. Ihre Enden liegen alle nach derselben Seite. Dieser Ring ist dem inneren Teil des Leuchters entsprechend grofs gewählt, liegt unterhalb von dessen oberstem Teil und ist an dem Futteral (*g*) mittels Ansätzen (*b*) in überall gleichem Abstand gehalten. Gegenüber dem Ende eines jeden Winkels befindet sich eine Türe. Dann stützt man

[1]) Es ist dies wie verschiedenes andere in der Fig. 87 nicht ganz richtig dargestellt.

[2]) Nach Fig. 88 ist die Öse an der Platte und der Haken an der Türe, was das Richtige ist, wie auch der spätere Text zeigt.

jede Figur mit dem Ansatz an dem unteren Ende ihrer Platte auf den Winkel, während der Stab [an der Rolle (*w*, Fig. 87)] in die Höhe steht.

Die Fig. 88 gibt [eine Draufsicht auf] den Ring für sich, sie ist deutlicher als wenn letzterer im Innern [des Leuchters] sich befände, wo ein Gegenstand den anderen verdeckt. Auf dem Umfang des Ringes (*σ*) sind 14 Winkel (*q*) mit ihren Spitzen nach derselben Seite gerichtet angebracht. In der Mitte befindet sich das Futteral (*g*). Zwischen Ring und Futteral sind vier Metallstücke (*b*) eingesetzt, die am Ring innen und am Futteral aufsen angelötet sind. Weiter zeigt die Figur eine Figur, d. h. eine Platte, an deren Oberkante die an einem Haken aufgehängte Öse sich befindet und zwar oberhalb einer der Türen. Unten hat sie einen glatten Ansatz, der auf den einen Winkel (*q*) gesetzt ist. Die Kerze ist *j*.

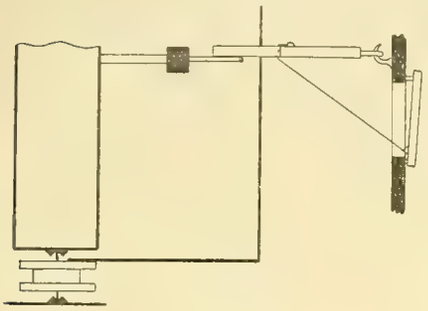


Fig. 89.

Die Sache verläuft nun folgendermafsen (Fig. 87):

Man steckt die Kerze (*a*) in das Futteral (*g*) auf der Scheibe (*b*) und setzt darauf die Büchse (*s*). Das Gewicht (*e*) wird vom Boden des Futterales (*g*) in die Höhe gehoben. In (*g*) befindet sich die Rinne (*d*) für die Kugeln. In dem Gewicht geht der unterste Teil des Stabes (*z*), der (*b*) trägt, hinunter und zwar bis zum Boden von (*g*). Das sinkende Gewicht (*e*) dreht die grofse Rolle (*w*), mit der der Faden (*λ*) verbunden ist, der um die Rolle (*n*) gewunden ist und dann zu der Rolle (*m*) geht; er ist um (*w*) geschlungen und erhebt sich dann unter der Rolle (*l*) zu der Rolle (*ϑ*), um endlich an dem Gewicht (*h*) angebunden zu werden.

Nun steckt man die Kugeln in den Schnabel des Falken; man setzt dann die Figuren auf die Ansätze auf. Hierauf zündet man den Docht an, die Kerze wird verzehrt, das Gewicht (*e*) sinkt und die Schale (*b*) hebt die Kugelrinne, zieht am Faden (*λ*), die Rolle (*w*) dreht sich, auf ihr wickelt sich der Faden (*j*) mit dem Gewicht (*h*) auf, das in die Höhe steigt; der dünne Stab (*c*) dreht sich mit der Rolle (*w*), bis er an das Ende des Winkels (*q*, Fig. 88) kommt, der am Ring (*σ*) sitzt, dann fällt eine Kugel und eine Figur, die Flügel öffnen sich[1]) und die Figur (*k*, Fig. 87) steht in der Türe.

So geht es bis zum Ende der Nacht. Die Bruchteile der Stunden gibt diese Anordnung nicht.

Nun kratzt man alles ab und bemalt das zu bemalende. Man kann noch in einer anderen Art die Kugeln heben. Man macht eine Rinne und macht in der Mitte

[1]) Wie in dem Kapitel III, so ist auch hier die eigentliche Öffnungsvorrichtung der Türen nicht beschrieben. Jedenfalls war jedoch die verwendete Anordnung eine ähnliche, nur mit dem Unterschied, dafs: 1. Die Türen nach aufsen sich öffneten, da ein Sich-Öffnen nach innen technisch unmöglich war. 2. Die die Figuren tragenden Platten nicht senkrecht herunterglitten, sondern aus der horizontalen Lage in die vertikale herunterklappten, wie das aus Fig. 88 und der Beschreibung deutlich hervorgeht. Die die Türen bei hinaufgeklappten Figuren geschlossen haltenden Fäden (vgl. Kapitel III) mufsten demnach von dem unteren Teile der Rückseite der Türen zu dem unteren Teile der Figurenplatte laufen; dort konnten sie auf der Vorder- oder Rückseite befestigt sein. Fig. 89 zeigt einen Vertikalschnitt durch eine derartige Konstruktion bei geschlossener Türe.

der Länge nach einen Schlitz. An dem die Scheibe tragenden Stab befestigt man ein Eisengerät (*Siṭâm*),[1] dessen Schwanz an dem unteren Teil des Stabes quer zu diesem befestigt ist und dessen Scheibe sich im Innern der Rinne befindet. Wirft man die Kugeln in den Schnabel, so fallen sie in die Rinne und bleiben auf der Scheibe des *Siṭâm* liegen. Hebt sich nun der Stab, so heben sich auch die Kugeln und fallen nacheinander in den Kopf des Falken.

Das ist das Ende des ersten Gebietes (*Nauʿ*).

Ganz am Schlufs seines Werkes beschreibt *Gazarî* noch einmal eine Uhr; es ist das fünfzigste Kapitel oder die fünfzigste Abbildung des ganzen Werkes. Es heifst dort:

Das fünfte Kapitel des sechsten Gebietes.

Kahnuhr.

Es handelt sich hier um einen zierlichen Kahn, aus dem man den Ablauf der gleichmäfsigen Stunden kennen lernt. Ich will den Kahn schildern und wie er funktioniert.

Es handelt sich um einen sehr zierlichen Kahn aus Messing. Im Kahn steht ein Mann, der sich auf ein zierliches Ruder stützt, dessen unteres Ende (Schaufel) auf dem Boden steht und dessen anderes Ende sich in der linken Hand des Mannes auf seiner Brust befindet. In der Rechten hält er eine Pfeife (*Zammâra*), deren Ende er im Munde hat. Im Boden des Kahnes ist ein Loch, auf dem eine durchbohrte Platte aus Onyx liegt, durch die das Wasser in den Kahn eintritt. Setzt man den Kahn auf das Wasser, so füllt er sich in einer Stunde und geht unter. Dabei pfeift der Schiffer. Dann wird der Kahn wieder aus dem Wasser emporgehoben und auf die Oberfläche gesetzt. So verfährt man in jeder Stunde.

Fig. 90.

Die Vorrichtung vertritt die Stelle des *Ṭargahâr*. Dieser macht insofern Mühe, als man ihn ständig, während er sich füllt, beobachten mufs. Denkt der Beobachter nicht an ihn, so geht er manchmal unter, ohne dafs er es bemerkt. Er weifs auch nicht, wie lange Zeit seit dem Untergehen verflossen ist. Daher habe ich diese Anordnung getroffen; durch das Pfeifen erfährt man das Untersinken des Kahnes und ihr Ton erweckt den Beobachter aus einem leichten Schlaf.

---

[1]) *Siṭâm* ist ein Gerät, um das Feuer zu schüren, eine Ofengabel oder hier mehr ein Aschenräumer.

Ich beschreibe nun die Herstellung:

Man macht aus Messing einen Kahn (*l*, Fig. 90), der $1^1/_2$ Sp. lang und entsprechend breit ist; sein Boden ist eben und seine Seiten stehen zu diesem senkrecht; er soll einem wirklichen Kahn gleichen. Dann macht man den Schiffer (*s*); dazu stellt man ein Kamisol aus Kupfer her, dessen unterer Teil nur kurz ist. Zwei Beine lötet man an diesem unteren Teil an. Dann macht man zwei Hände; die linke entspricht der oben gegebenen Schilderung. Der Mann erhält einen leichten, hohlen Kopf. In den Hals setzt man eine kurze Röhre ein und auf deren Ende in der Mitte des Kopfes die Kugel (*Bunduqa*) einer Peife (*ṣafîr*). Der Ärmel bedeckt ihr Ende, in dem sich ein feines, nadelöhrgrofses Loch an einer verdeckten Stelle unterhalb des Ärmelrandes befindet. Man stellt dann die linke Hand her mit der Pfeife, deren Ende dem Munde anliegt. Mund und Öffnung der Pfeife sollen zusammenfallen. Die Ärmel des Kamisols werden dicht geschlossen und ebenso der Umkreis des Halses mit dem Kamisolkragen. Dann stellt man den Schiffer auf den Boden des Kahnes und achtet darauf, dafs der Kahn sich nach keiner Seite neigt. Die Füfse werden an den Boden des Kahnes angelötet und ebenso die Schaufel des Ruders. Der Rand des Kamisoles liegt etwas tiefer als der Rand des Kahnes. Nun nimmt man eine Onyxplatte mit einem kleinen Loch. Den Kahn setzt man auf die Wasseroberfläche und beobachtet mit einem geeichten *Ṭargahâr* oder einem Höheninstrument und erweitert das Loch, bis in einer Stunde so viel Wasser eintritt, dafs sich der Kahn in ihr füllt.

Ist so viel Wasser in dem Kahn, dafs es den Saum des Kamisols berührt, so kann die Luft, die sich in dessen Hohlraum befindet, nicht austreten. Beim weiteren Sinken wird sie zu der Kugel der Pfeife getrieben und diese pfeift; dadurch wird einer, der leicht schläft, aufgeweckt. Das Gefäfs, in das der Kahn gesetzt wird, darf nicht tiefer sein, als dafs das Wasser beim vollständigen Einsinken bis an die Schulter des Schiffers reicht, da es sonst in die Kugel der Pfeife eintritt und diese verdirbt.

V.

Die Uhr am *Bâb Gairûn* zu Damaskus.

Ein Teil der von *Gazarî* beschriebenen Uhren hat zum Schmuck des Innern von Palästen gedient, wie die zahlreichen an ihnen angebrachten Spielereien lehren (vgl. oben); ein anderer Teil wie die Kerzenuhren und die Reiseuhr war zur Ermittelung der Zeit im Zimmer bestimmt. Die jetzt zu behandelnde Uhr befand sich dagegen an der Vorderseite eines Gebäudes und diente so der grofsen Menge, wie bei uns die Uhren an Türmen und an Fassaden von Kirchen (Frauenkirche in Nürnberg). Über die Uhr am *Bâb Gairûn* gibt uns ein Werk eines gewissen *Riḍwân* eingehenden Aufschlufs. Aus der Einleitung und aus anderen Quellen erfahren wir, dafs *Muḥammed Ibn ʿAlî Ibn Rustam al Churâsânî al Sâʿâtî* (der Uhrmacher) diese Uhr unter der Regierung von *al Malik al ʿÂdil Nûr al Dîn Maḥmûd Ibn Zenkî* (1146—1173) verfertigte. Im Jahre 562 d. H. (bzw. 564), d. h. 1166/67 (bzw. 1168/69), brannte die Uhr ab[1]) und wurde von dem Verfertiger in verbesserter Form wieder aufgestellt. Nach seinem Tode kam sie in Unordnung, verschiedene Gelehrte, Berufene und Unberufene versuchten sie wieder in Gang zu setzen, aber ohne Erfolg, bis der Verfasser unseres Werkes, der Sohn ihres Erbauers, die Sache in die Hand nahm und zu einem glücklichen Ende führte, wobei er mancherlei Verbesserungen anbrachte.

Es seien zunächst die mir bekannt gewordenen Angaben über die in Betracht kommenden Männer zusammengestellt.

---

[1]) Nach der Enzyklopädie des Islam Bd. 1, S. 943 hat auch 559 (1164) ein Brand dieses Gebäudes stattgefunden. Auch später hat das Feuer das *Bâb Gairûn* ergriffen, so im *Schaʿbân* 794 (Juni—Juli 1392). Von diesem Brand berichtet der Historiker *ʿAinî*, der zu dieser Zeit in Damaskus war (Quatremère Histoire des Sultans Mamlouks Ib, S. 179 und C. Dufrémey, J. asiat. [4] Bd. 8, S. 541. 1846.

Über den Verfasser unseres Werkes gibt eine Stelle bei *Ibn Abî Uṣaibiʿa* Bd. 2, S. 183 Auskunft:

Sein vollständiger Name ist *Fachr al Dîn Riḍwân Ibn al Sâʿâtî* bzw. *Fachr al Dîn Riḍwân Ibn Muḥammad Ibn ʿAlî Ibn Rustam al Churâsânî al Sâʿâtî* (der Uhrmacher). Er wurde in Damaskus geboren und wuchs dort auf. Sein Vater war *Muḥammad* aus *Churâsânî*, der nach Syrien übersiedelte und in Damaskus starb. Dieser war ohne Gleichen in der Kenntnis der Uhren und der Sternkunde. Er verfertigte die Uhr, die sich bei dem Tore der grofsen Moschee (*Gamîʿ*) von Damaskus befindet, und zwar zur Zeit von *al Malik al ʿÂdil Nûr al Dîn Maḥmûd Ibn Zenkî* (Vater von Saladin), 1146—1173). Er empfing von ihm zahlreiche Gunsterweisungen, Gehalt und Besoldung für seine Aufgabe, die Uhr zu besorgen. Er hinterliefs zwei Söhne, der eine war *Bahâ al Dîn Abu'l Ḥasan ʿAlî Ibn al Sâʿâtî*, er war der beste Dichter seiner Zeit. Der andere ist unser *Riḍwân*, ein Arzt, der zugleich ein trefflicher Literat war, Logik und Philosophie beherrschte. (Diese Tätigkeiten werden nun eingehender geschildert, es findet sich aber kein Hinweis darauf, dafs er sich mit Mathematik usw. befafst hat.) (Beiträge III, S. 231 und Suter Nr. 343, S. 136.) Diese Stelle hat auch *al Ṣalâḥ al Ṣafadî* benutzt (J. asiat. [9] Bd. 7, S. 206. 1896).

Aus anderen Quellen wissen wir, dafs sich verschiedene Gelehrte mit der Uhr der Moschee zu Damaskus befafsten.

So brachte *Abu'l Faḍl Ibn ʿAbd al Karîm al Muhandis* (d. h. der Geometer oder Ingenieur) (*Ibn Abî Uṣaibiʿa* Bd. 2, S. 190. Suter Nr. 319, S. 129) die Uhr an der grofsen Moschee zu Damaskus in Ordnung und erhielt für deren Beaufsichtigung und Prüfung ein dauerndes Gehalt. Dieser Gelehrte war von Haus aus ein hochgeschätzter Tischler und Steinhauer, der sich aber sehr viel mit Mathematik befafste und zwar z. T. im Interesse seiner praktischen Tätigkeit. Später wurde er Arzt, wirkte als solcher am grofsen Hospital in Damaskus und starb 1202/03 in dieser Stellung. — Mit dem Sultan *al Malik al ʿÂdil Nûr al Dîn Ibn Zankî* war er in Berührung gekommen, da er für diesen die meisten Türen für das von ihm erbaute Krankenhaus gemacht hatte.

Muhaddab al Dîn Aḥmed Ibn al Ḥâgib, ein hervorragender Arzt, versah, ehe er als Arzt auftrat, die Uhr bei der grofsen Moschee von Damaskus. Von Interesse ist, dafs er eifrig bei *Muhaddab al Dîn Ibn al Naqqâsch* — dieser ist wohl der von *Riḍwân* erwähnte — Medizin studierte. Er starb zwischen 1199 und 1204 (*Ibn Abî Uṣaibiʿa* Bd. 2, S. 181. Suter Nr. 317, S. 128).

Von *Muhaddab Ibn al Naqqâsch* erfahren wir bei *Ibn Abî Uṣaibiʿa* (Bd. 2, S. 109), dafs er von Bagdad nach Damaskus kam, dort aber nicht

das fand, was er suchte, und weiter ging. Weiter erzählt derselbe Schriftsteller, daſs *Abu'l Barakât Hibbat Allâh*,[1]) als er im Alter erblindet war, neben anderen Gelehrten *Ibn al Naqqâsch* sein Werk *al Mu'tabar* diktierte. Endlich studierte (*Ibn Abî Uṣaibi'a* Bd. 2, S. 163. Suter Nr. 312, S. 127) bei unserem *Ibn al Naqqâsch* ein gewisser *Abû Zakarîjâ al Bajâsî* (aus Baeza), der der Tischlerei kundig war. Dieser fertigte für *Ibn al Naqqâsch* zahlreiche mit der Geometrie zusammenhängende Instrumente. *Ibn al Naqqâsch* studierte umgekehrt bei *Bajâsî* Musik. — Er diente eine Zeitlang bei Saladin als Arzt.

Aus der letzten Stelle geht *Ibn al Naqqâsch's* Interesse für technische Dinge hervor.

Riḍwân und *Abu'l Faḍl* werden auch von *'Abd al Bâsiṭ* in seiner Geschichte von Damaskus als solche, die sich mit der Uhr befaſst haben, erwähnt; es nennt ferner noch hierbei *al Ṣafadî* einen *Abû 'Abd Allâh Muhaddab al Dîn wa 'Uddat al Dîn*, wahrscheinlich eine Verwechselung (H. Sauvaire J. asiat. [9] Bd. 7, S. 207. 1896).

Die von uns zu besprechende Uhr befindet sich an einem Tor der groſsen Moschee von Damaskus und zwar an dem nach Osten gehenden. Es heiſst *Bâb Gairûn*[2]) oder *Bâb al Sâ'ât* (Tor der Stunden, oder der Uhr).

Die älteste und recht ausführliche Nachricht verdanken wir einem arabischen Reisenden *Ibn Gubair*,[3]) der im Jahre 1184 in Damaskus war; er hat sie wohl noch in der Form gesehen, die ihr der Vater *Riḍwâns* gegeben hatte. Ich teile hier die Übersetzung der betreffenden Stelle mit:

[1]) Eine kleine Abhandlung dieses Gelehrten „Über den Grund, aus dem die Sterne bei Nacht sichtbar, bei Tage verborgen sind", habe ich in Eders Jahrbuch der Photographie, 1909 veröffentlicht.

[2]) *Gairûn* war wie *Mas'ûdî* Bd. 3, S. 271 erzählt, der Sohn von *Sa'd*, dem Sohn von dem Stammvater eines arabischen Stammes *'Âd*; dieser machte Damaskus zu einer Hauptstadt und erbaute auch den jetzt als *Bâb Gairûn* bezeichneten Teil. — Nach *Jâqût* Bd. 2, S. 175 dagegen war *Gairûn* eine Säulenhalle aus vorislamischer Zeit, nach der das Osttor dann den Namen *Bâb Gairûn* erhielt.

[3]) The Travels of *Ibn Gubair* ed. W. Wright, S. 271, Ausgabe 1852 und S. 270, Ausgabe 1907. Übersetzung von C. Schiaparelli S. 261. Rom. 1906. Weiter hat sie übersetzt M. Amari Le epigrafi arabiche di Sicilia Parte 1, S. 23. Palermo 1875. Zu dem Leben von *Ibn Gubair*, vgl. Gayangos. The history of mohammedan dynasties in Spain Bd. 2, S. 400. London 1843. Die Stelle aus *Ibn Gubair* ist auch in *'Abd al Laṭîfs* Reisebeschreibung (Relation de l'Egypte) ed. Silvestre de Sacy p. 577—579 enthalten.

Auf der rechten Seite dessen, der durch das Tor *Gairûn* herausgeht, befindet sich an der Mauer des Palastes, welche vor ihm ist, eine Gallerie (*Ġurfa*, Loggia); sie hat die Gestalt eines grofsen kreisrunden Bogens, in ihm befinden sich wieder [kleinere] Bögen aus Bronze, in denen sich Türen öffnen, deren Zahl der Zahl der Stunden des Tages entspricht. Sie sind mittels mechanischer Anordnungen so eingerichtet, dafs bei dem Ablauf einer Tagesstunde zwei Gewichte (*Ṣanga*) aus den Schnäbeln zweier Falken (*Bâz*) fallen; die Falken sind aus Messing hergestellt und stehen über zwei Becken (*Ṭassa*) aus Messing, von denen je eines sich unter einem von ihnen befindet. Das eine befindet sich unter der ersten jener Türen und das zweite unter der letzten. Die beiden Becken sind durchlöchert. Wenn die beiden Kugeln (*Bunduq*) in sie gefallen sind, kehren sie innerhalb der Mauer (in der ein Kanal sich befindet) zurück zu der Gallerie. Und du siehst durch eine wunderbare Einrichtung die beiden Falken ihre Hälse mit den Kugeln zu den Becken ausstrecken und diese schnell herauswerfen; die Einbildungskraft könnte das für Zauberei halten. Bei dem Fallen der Kugeln in die Becken hörte man von ihnen ausgehend einen Lärm. Und die Türe, welche dieser Stunde entspricht, ist sogleich durch einen Türflügel aus Bronze (*Sifr*) geschlossen. Dasselbe findet bei Ablauf einer jeden Tagesstunde statt, bis alle Türen geschlossen sind und alle Stunden abgelaufen sind; dann kehrt das Werk in seinen ursprünglichen Zustand zurück (d. h. das Ganze ist so wie im Anfang).

Für die Nacht besitzt es eine andere Einrichtung. Sie besteht darin, dafs in dem Bogen, der sich oberhalb der erwähnten Bögen wölbt, 12 ziselierte Kreise aus Kupfer sich befinden. Vor jedem Kreis liegt im Innern der Mauer ein Glas in der Gallerie. All dieses ist hinter den erwähnten Bögen angebracht. Hinter den Gläsern befindet sich eine Lampe, welche durch Wasser herumgeführt wird, entsprechend dem Ablauf der Stunde.[1]) Wenn diese verflossen ist, durchleuchtet das Licht der Lampe das Glas und seine Strahlen strömen auf den Kreis, der sich vor ihm befindet, und den Blicken erscheint der Kreis rot. Dann wandert jene (die Lampe) zu einem anderen [Glasfenster], bis die Stunden der Nacht verflossen sind und alle Kreise rot geleuchtet haben.

Einer wird zum Verwalter der Gallerie bestellt, der ihren Zustand zu prüfen hat, der die Anordnung des Ganzen kennt und in der Umschaltung der Vorrichtung erfahren ist, der regelmäfsig die Türen öffnet und das Gewicht an seinen Ort tut. Das ist, was die Menschen *Manǧâna* nennen.

Ein Tor der Uhr bei der Hauptmoschee in Damaskus erwähnt auch *Qazwînî* (Bd. 2, S. 126). Von der Uhr erzählt ferner *Ibn Baṭûṭa*, der im Jahre 1326 einige Monate in Damaskus weilte:

Geht man aus dem *Bâb Gairûn* heraus, so ist rechter Hand eine Gallerie (*Ġurfa*), in der sich ein grofser Bogen (*Ṭâq*) befindet. Unter diesem ist eine Reihe

[1]) In der Uhr *Riḍwâns* bleibt die Lampe stehen und die Scheiben aus Glas sind ursprünglich durch ein halbkreisförmiges Brett bedeckt, das von einer Glasscheibe nach der anderen fortgezogen wird. Auch ist bei *Riḍwân* nicht eine rote Färbung erwähnt. Nur sagt er, dafs hinter den Scheiben „Blätter" liegen. Möglicherweise war das ein rotgefärbter Stoff. Solche Anordnungen erwähnt ja *Gazarî*.

kleiner Bögen mit so viel offenen Türen, als der Tag Stunden hat. Die Türen sind innen grün, aufsen gelb. Nach Ablauf einer Stunde kehrt sich die innere grüne Seite nach aufsen und die gelbe Seite nach innen. Im Innern der Gallerie soll sich eine Person befinden, die die Türen mit der Hand dreht, sobald eine Stunde verflossen ist (*Ibn Baṭûṭa* Bd. 1, S. 207 und 209).

Eine weitere Notiz über das Tor der Stunde findet sich in der Beschreibung von Damaskus von *ʿAbd al Bâsiṭ al ʿAlmawî* (1502—1573). (Sauvaire, J. asiat. [9] Bd. 7, S. 205. 1896). *Ibn ʿAsâkir* berichtet dort:

Das Tor der Stunden hatte diesen Namen, da man dort eine Uhr (*Binkâm al Sâʿât*) aufgestellt hatte, durch die man jede Stunde erfuhr, die am Tage ablief; sie hatte Vögel aus Kupfer, eine Schlange aus demselben Metall und einen Raben. Wenn die Stunde zu Ende war, kam die Schlange hervor, die Vögel pfiffen, der Rabe krähte und ein Kieselstein fiel herunter. (Diese Schilderung entspricht eher der Uhr des Archimedes, als derjenigen am Tor der Stunden.)

Eine kleine Kuppel im Hof der Moschee heifst noch heute *Qubbat al Sâʿa*, Kuppel der Stunde; an ihr war früher jedenfalls auch eine Uhr angebracht.

Eine Uhr in Damaskus beschreibt weiter *Benjamin* von Tudela, der etwa zwischen 1159 und 1173 reiste. Nach der Übersetzung von Asher (The intineray of *Rabbi Benjamin* of Tudela Bd. 1 S. 84. London 1841) lautet die Stelle:

Damaskus hat eine mohammedanische Synagoge, die die Synagoge von Damaskus heifst; sie ist unerreicht auf Erden. Es soll dies der Palast des *Ben Hadad* sein (alter König von Damaskus). Eine der Wände war durch Zauberkraft gebaut; sie enthielt soviel Öffnungen, als das Sonnenjahr Tage hat, und die Sonne wirft nacheinander ihr Licht in die Öffnungen. Diese sind in zwölf Grade geteilt gleich der Zahl der Stunden des Tages; durch diese Anordnung kann jeder erfahren, welche Zeit es ist

Diese Beschreibung erinnert an diejenige einer Uhr von Alfons von Kastilien und an diejenige einer anderen bei *Qazwînî* (Bd. 2, S. 130), die dieser nach Dendera verlegt.

Jedenfalls stimmt die Uhr nicht mit der von *Ridwân* geschilderten überein, auch nicht in der Form, die ihr dessen Vater gegeben hatte; denn diese mufs noch zur Zeit, als Benjamin in Damaskus war, existiert haben.

Das Werk von *Ridwân* ist im *Muharram* 600 d. *Higra* (September/Oktober 1203) vollendet; damals herrschte in Damaskus der Sultan *al Malik al 'Âdil Saif al Dîn Abû Bekr* (1196—1218).

Von dem Werk ist nur eine Handschrift in Gotha (Katalog von W. Pertsch Bd. 3, S. 18/19) vorhanden. Die Abschrift wurde vollendet am 2. Juli 1554 in Konstantinopel unter dem Sultan *Solimân* (1520—1566), also zu der Zeit als *Taqî al Dîn* sein Werk verfafste. Kurz vorher war auf Sultan *Bajezîds* Veranlassung die pseudo-platonische Schrift über die spez. Gewichte übersetzt worden; ferner fällt in diese Zeit die Übertragung des Werkes von *Gazarî* ins Türkische usw.; ein Zeichen dafür, welch lebhaftes Interesse im türkischen Reich auch für naturwissenschaftliche Probleme vorhanden war. Da die vorliegende Handschrift erst 350 Jahre nach der ersten Niederschrift hergestellt wurde, so ist sie kaum nach dieser selbst abgeschrieben. Sie ist aber recht gut und fast fehlerfrei.

Die Ausführungen von *Ridwân* sind technisch und kulturhistorisch von gröfstem Interesse, da sie uns einen Einblick in das technische Arbeiten und Denken der damaligen Zeit geben.

Im Gegensatz zu den knappen und technisch klaren Auseinandersetzungen von *Gazarî* hat man aber bei *Ridwân* den Eindruck, dafs er sich mit einem ihm eigentlich fremden Gegenstand befafst, wie dies auch aus seiner Lebensbeschreibung (S. 168) hervorgeht. Daher kommen wohl auch viele Wiederholungen und Unklarheiten, so bei der Besprechung der verschiedenen Arten, wie man das Verhältnis der Dimensionen der verschiedenen Teile in richtiger Weise bestimmen kann, bei der Diskussion, wie man die Uhr für die zeitlichen Stunden in eine solche für gleichmäfsige Stunden umwandelt, bei der Beschreibung der verschiedenen Anordnungen für die Stunden der Nacht, bei derjenigen der schneckenförmigen Verbindung der Scheibe für die Stunden der Nacht, ferner bei den ungenügenden Angaben über die Anbringung der sog. *Râqâna* usw.

Mathematisch durfte *Ridwân* wenig geschult gewesen sein. Den Umfang der Gefäfse mifst er ganz roh mit einer Schnur ab. Gelegentlich bemerkt er, dafs, wenn der Umfang eines Kreises eine Länge von 4 Sp. 6 F. hat, der Durchmesser 1 Sp. 6 F. ist. Setzen wir 1 Sp. = 12 F. und nehmen $\pi = 3{,}00$, so folgt dies in der Tat. Sonst rechneten die Araber mit $\pi = \frac{22}{7}$

Mit dieser ungenauen Art hängt es auch zusammen, wenn *Riḍwân* nicht die genauen Mafse nimmt, sondern sie von seiner eigenen Hand ableitet, die er als eine feste, volle (*mumtali'*) bezeichnet.

Die Figuren sind meist recht roh gezeichnet mit Ausnahme der letzten, die das Bild der ganzen Uhr gibt, doch kann die mangelhafte Ausführung der Zeichnungen von den Abschreiben herrühren. Sehr vermifst man einen Querschnitt[1]) senkrecht zu der Vorderwand der Uhr. — Erleichtert wird das Verständnis der Figuren durch die zahlreichen Beischriften.

Sprachlich sind nicht immer die für das klassische Arabisch geltenden Regeln beachtet, so wird fast stets für „wenn" das Wort *„lau"* verwendet, das eigentlich dem irrealis entspricht; ein Sprachgebrauch, dem man übrigens auch sonst viel in technischen Schriften begegnet.

Meist wird bei der Beschreibung in der zweiten Form gesprochen und zwar im Imperativ, wie dies der Araber gerne in solchen Darstellungen tut. Ich habe dies meist mit „man" übersetzt.

Eine sehr häufige Wendung, in der sich eine Freude an dem Erreichten ausspricht, ist: „darin liegt ein schönes Geheimnis".

Um die Schilderung der Einzelheiten der Uhr von *Riḍwân* leichter verständlich zu machen, sei zunächst der Aufbau der Uhr geschildert:

Sie besteht aus einer „Uhr für den Tag" und einer „Uhr für die Nacht". Aufserdem kann noch eine Anordnung in Gang gesetzt werden, an der man den Gang der Sonne von Tag zu Tag verfolgen kann.

Die Uhr für den Tag besteht aus zwölf Türen, von denen in der Gesamtansicht nur elf gezeichnet sind; diese drehen sich um vertikale Zapfen, die in der Mitte des unteren und oberen Randes angebracht sind. Am Anfang sind die Türen geschlossen und durch Sperrhaken in ihrer Stellung festgehalten. An ihrem unteren Rand sind in entsprechender Weise Kordeln befestigt, an denen ein Spanngewicht zieht.

An einem Schlitten mit einem Daumen ist an einem Ende eine Schnur angebunden, die um dem Umfang eines Rades gelegt ist, auf dessen Achse sich noch ein zweites kleineres Rad befindet. Um dieses wird eine Kette gelegt, die mit dem

[1]) Die Figuren des *Riḍwân* wurden mit Ausnahme von der nach der angegebenen photographischen Methode hergestellten Gesamtdarstellung durch Durchpausen abgezeichnet. Dabei wurden sie ein wenig verbessert dadurch, dafs meistens mit dem Lineal gezeichnet wurde, während dieses in der Handschrift aufser in der erwähnten Gesamtdarstellung wohl niemals verwendet wurde. Die Figuren im Original sind demzufolge sehr schlecht. Ihr skizzenhaftes Aussehen kommt auch in den Wiedergaben in dieser Arbeit zur Geltung.

Diese skizzenhaften Figuren bilden ein interessantes Gegenstück zu den äufserst sorgfältig gezeichneten Darstellungen der im vorhergehenden behandelten *Gazarî*-Handschrift.

Schwimmer im Hauptbehälter verbunden ist. Am anderen Ende des Schlittens ist eine zweite Schnur befestigt. Sie geht über eine Rolle erst nach oben und dann über eine zweite an der Decke angebrachte wieder nach unten. Ein an diesem Ende angehängtes Gewicht spannt diese Schnur und dadurch auch die erste und bedingt so eine gleichmäfsige Bewegung des Schlittens.

Der Schlitten trägt nach oben eine Stange mit einer Mondsichel. Diese befindet sich zu Beginn des Tages eine halbe Türbreite vor der ersten Türe und läfst beim Vorbeigehen an vergoldeten Nägeln, die sich an einem Querstab vor dem oberen Teil der Türen befinden, die Stunden und deren Bruchteile bestimmen. Während einer Stunde rückt die Mondsichel von einer Türmitte zur nächsten vor.

Am Ende jeder Stunde drückt der am Ende des Schlittens befindliche Daumen, der am Anfang der ersten Stunde eine ganze Türbreite von dem Sperrhaken der ersten Türe absteht, den Sperrhaken zur Seite. Die Türe dreht sich infolge des Zuges des Spanngewichtes um 180° und zeigt ihre verzierte Rückseite.

Über den Türen befindet sich je ein Bogen, in der Figur als Dreieck gezeichnet. Die Füllung des Bogens ist um zwei an ihrem hinteren Ende befindliche horizontale Zapfen drehbar. Auf ihr ist an ihrem oberen Ende eine Mondsichel angebracht, daher nennt *Riḍwân* die Füllung selbst Mondsichel. Zu Anfang des Tages sind alle Füllungen nach rückwärts geklappt und unsichtbar, ein Widerlager sorgt dafür, dafs sie horizontal stehen. Eine an ihrem unteren Ende befindliche Kordel führt zu dem oben erwähnten Spanngewicht. Kann dieses, nachdem der Sperrhaken zur Seite geschoben ist, sinken, so zieht es die Füllung nach oben. Ein Anschlag hindert die Füllung nach vorne zu fallen.

Über den Türen befindet sich hinter der Uhrwand ein doppeltes System von geneigten Rinnen (s. w. u.). Das Ende des einen Rinnensystems endigt am Kopf eines Falken auf der linken Seite der Uhr, das des anderen Systems am Kopf eines Falken auf der rechten Seite. Die obersten Rinnen der beiden Systeme verlaufen parallel und sind fast so lang wie die ganze Uhr. Quer in diese Rinnen setzen sich zwölf Klappen mit Ansätzen. Die Ansätze sind durchbohrt und drehen sich um eine den Rinnen parallele Stange. Mit den Enden der Ansätze, die den Türmitten gegenüberstehen, sind Ketten verbunden, die ebenfalls zu den Spanngewichten gehen. Am Anfang des Tages sitzen alle Klappen in den Rinnen und hinter jeder Klappe liegt in jeder Rinne eine Kugel. Beim Öffnen einer Türe wird durch das Spanngewicht die ihr entsprechende Klappe in die Höhe gehoben und von den beiden dadurch losgelassenen Kugeln rollt je eine von hinten in den Kopf eines der Falken. Am Rücken des Falken befindet sich eine Achse, die sich in einem Lager dreht; auch der untere Teil des Schnabels ist drehbar. Rollt eine Kugel in den Kopf des Falken, so neigt sich dieser nach vorne, der Schnabel öffnet sich, die Kugel fällt auf eine in einem Becher hängende Zymbel und bringt diese zum Tönen. Dann rollt sie durch ein Loch im Boden des Bechers in das „Haus“ der Kugeln. Ein Gegengewicht richtet den Falken wieder auf, dabei schliefst sich der Schnabel.

Die Uhr der Nacht besteht aus einem Halbkreis in der Vorderwand der Uhr mit 12 runden Löchern, die mit Glas bedeckt sind und von der Rückseite durch eine Lampe erleuchtet werden. Auf eine horizontale, zu der Vorderwand senkrechte Achse ist zunächst ein Vollkreis aufgesetzt, mit diesem ist durch dreieckige Bretter

als Speichen ein halber Kreisring verbunden, von demselben inneren Durchmesser und derselben Breite wie der Halbkreis mit den Glasscheiben. Um den Vollkreis ist ein Seil gelegt, das an einer Stelle angenagelt ist; seine Enden sind über Rollen zu Stellen oberhalb des Hauptbehälters geführt. An dem einen Ende des Seiles wird der Schwimmer angehängt, an dem anderen ein Gegengewicht. Entweder bedeckt nun der halbe Kreisring zu Beginn der Nacht die sämtlichen Glasscheiben, von denen bei der Drehung des Kreisringes in jeder Stunde eine enthüllt wird, oder die Scheiben sind zu Beginn der Nacht unverhüllt und werden während dieser allmählich bedeckt. Je nachdem das eine oder andere der Fall ist, wird das eine oder andere Ende des Seiles mit dem Schwimmer verbunden.

Zur Darstellung der Stunden, bzw. des Laufes der Sonne ist auf der Achse der Vollscheibe aufserhalb der Uhrwand ein Vollkreis mit 36 gleichmäfsig verteilten Löchern drehbar angebracht, die zu je dreien einem der 12 Tierkreiszeichen entsprechen. Auf die Achse ist ferner fest ein Stab aufgesetzt, der am Ende eine Sonnenscheibe trägt. Die Tierkreisscheibe wird nach je 10 Tagen so verschoben, dafs die Sonne stets etwa an der dem betreffenden Tage entsprechenden Stelle im Tierkreis steht. Vor dieser Scheibe für den Tierkreis ist ein nischenartiger Vorbau an der vorderen Uhrwand befestigt, dessen obere horizontale Begrenzung in einer Ebene mit der Achse des Vollkreises liegt. Sie bildet für die Tierkreiszeichen und die Sonne den Horizont.

Zur Bewegung des Ganzen dient folgende Anordnung. Aus einem Hauptbehälter (*Binkân*) fliefst das Wasser in einen kleineren zweiten Behälter (*Kail*), in dem sich der Schmutz absetzen soll; oben strömt aus diesem das Wasser durch eine Öffnung in eine „viereckige Röhre“ und aus dieser von oben nach unten durch eine Öffnung in einen dritten Behälter (*Rub'*); diese Öffnung wird, wie früher erwähnt, durch einen oben kegelförmigen Schwimmer beim Steigen des Wassers geschlossen und bei dessen Sinken geöffnet. Der Ausflufs des Wassers aus dem ganzen System erfolgt durch die Öffnung des Mündungsstückes. Dieses befindet sich an einem Rohr, das sich über einen vertikalen Kreis drehen läfst (s. oben).

In dem Hauptbehälter befindet sich der Schwimmer, an dem die Ketten befestigt werden, die die Bewegung vermitteln. Für den Tag wird eine, für die Nacht eine andere Kette an einem oben am Schwimmer befindlichen Ring befestigt, während die nicht im Betrieb befindliche losgelöst wird. In einzelnen Fällen werden beide Ketten am Ring befestigt, so, wenn die Stunden der Sonne in Gang gesetzt werden sollen.

Die Wasserapparate stehen tiefer als die Uhr selbst.

Wir geben nach dieser Übersicht die z. T. sehr stark gekürzte Übersetzung.

VI.

Übersetzung des Werkes von *Riḍwân.*

Buch über die Herstellung der Uhr (*Sâ'ât*) und über deren Benutzung von *Riḍwân Ibn Muḥammed al Churasânî Riḍwân Ibn Muḥammed Ibn ʿAlî al Churasâni.*

Gott, erhaben ist er, sei ihm gnädig:[1]) Lob sei Gott für seine Gnaden und Gebet und Gruſs über unseren Herrn *Muḥammed*, seine Genossen und seine Familie.

[Einleitung.]

Als ich die Uhr sah, die mein Vater in Damaskus ersonnen hatte, da waren nach seinem Tode alle ihre Teile[2]) vom Verderben ergriffen, die meisten Bewegungen waren unmöglich geworden, ihre Gestalten (*Schakl*) waren nicht mehr so, wie sie sein sollten, und der Hauptteil der Einrichtung fehlte, so daſs man fast nichts mehr von ihr wuſste, obgleich seit ihrer Herstellung erst kurze Zeit verflossen war. Jeder, der nach meinem Vater die Uhr in Gang setzte, hielt sich für einen sehr gelehrten Erfinder und meinte, daſs er den Schluſsstein der Erfinder bilde. Der Philosoph *al Scheich al Muhaddab* (der makellose Scheich) *Ibn al Naqqâsch* (Sohn des Malers, s. oben) hatte zwar einen groſsen Namen in der Wissenschaft und sollte einen ausgezeichneten Verstand haben;[3]) nichtsdestoweniger verdarb er an der Uhr die Stunden der Sonne, welche von allen Teilen der Uhr am rätselhaftesten sind und das feinste in der Gesamtheit ihrer Bewegungen bilden; denn die Sonne [auf der Uhr] bewegt sich gleichmäſsig mit dem Sonnenkörper am Himmel; beide gehen gleichzeitig auf und unter und beide stehen zu Mittag gleichzeitig in der Mitte des Kreises und des Horizontes. Aus ihr erfuhr man den [Sonnen-]Auf- und Untergang und die Hauptpunkte,[4]) deren man bei den Judizien aus den Sternen (d. h. zu astrologischen Zwecken) bedarf. Ehe sie verdorben

---

[1]) Im folgenden sind alle solche Segenssprüche fortgelassen.

[2]) *Âla* heiſst wörtlich „Werkzeug", „Instrument", „Apparat". Ich habe das Wort oft mit „Teil" übersetzt.

[3]) Die weiteren Phrasen des Textes sind fortgelassen.

[4]) *Watad*; die Hauptpunkte sind wohl hier die vier wichtigsten Häuser der Sonne bzw. Tierkreiszeichen 1^0). Das der aufgehenden (das erste Haus) 2^0), das der untergehenden (das siebente Haus) 3^0). Das des Himmels (das zehnte Haus) 4^0), das der Erde (das vierte Haus); die Zählung ist umgekehrt wie gewöhnlich, vgl. Dosy II, S. 778.

war, lernte man durch diese Uhr die Stunden kennen, denn so oft sich die Sonne am Himmel um den Betrag von zwei Stunden erhoben hatte, erschien von dem mit ihr verbundenen Tierkreis eines der zwölf Tierkreiszeichen. Ist die [wahre] Sonne bis in die Mitte des Himmels gelangt, so ist die Sonne der Uhr genau in die Mitte des betreffenden Kreises gekommen; dabei sind 3 Tierkreiszeichen aufgegangen und 6 Stunden sind verflossen. Verläuft dies anders, so weifs der, der die Uhr beobachtet, dafs sie verdorben ist.

Es ist kein Wunder, dafs *Ibn al Naqqâsch* nicht wufste, wie er die Uhr herstellen und sie dann in Gang setzen sollte, und sein Verstand bei ihr versagte, denn mein Vater hatte keinem über ihr Geheimnis eine Mitteilung gemacht. Das Wunder ist nur, dafs er nicht imstande war, sie in Gang zu setzen, trotzdem alle ihre Teile unversehrt und alle ihre Bewegungen in Ordnung waren.

Als er aber nicht imstande war, die Uhr in Gang zu setzen, da liefs er sie nicht in ihrem ursprünglichen Zustand, sondern verdarb alle ihre Teile und entfernte von ihr den Sonnenkörper, den er fortwarf. Dann nagelte er alles andere, das er nicht loslösen konnte, fest, so dafs man den Tierkreis nicht drehen konnte, sondern vielmehr glaubte, dafs er von Beginn seiner Herstellung an festgenagelt war; nichtsdestoweniger war aber *Ibn al Naqqâsch* in seinem Innern fest überzeugt, dafs er der grofse Gelehrte der Zeit und der einzig dastehende des Zeitalters sei, dafs man von Euklid die Geometrie und von Aristoteles die Logik und die Naturwissenschaften lernt, dafs man von Ptolemäus die mathematischen Wissenschaften erhält, dafs ferner Archimedes über die Lehre von der Mechanik (*Ḥijal*) und die Uhren[1]) schrieb; mit denen allein war er aber nicht zufrieden, sondern er wollte noch mehr haben.

Ich wunderte mich ferner, dafs er den Menschen, die von ihm verlangten, dafs er die Uhr in Gang setze, sagte, dafs sie sich überhaupt nicht bewegt habe, und als ihm erwidert wurde, dafs dies doch der Fall gewesen sei und dafs die Menschen es gesehen hätten, da leugnete er es ab und verharrte in seinem Dünkel und seiner Unwissenheit. Ich hörte, wie mein Vater bisweilen sich über diesen Mann ungünstig äufserte, ihn tadelte und sagte, dafs alles, was man von seiner wissenschaftlichen Berühmtheit hörte, nicht richtig sei. Das hatte ich nicht vergessen und erfand es auch durch das, was ich selbst sah, als richtig. Ich studierte viele von ihm herrührende Werke über die Logik usw.; in ihnen fand ich zahllose Nachlässigkeiten, Irrtümer und Schreibfehler.

Ebenso verdarb *Ibn al Naqqâsch* an der Uhr die Stunden der Nacht. Denn er wufste nicht, wie man auf dem Halbkreis, den mein Vater zur Bedeckung der Scheiben konstruiert hatte, die Seile anbringt. Dies geschah in der Weise, dafs, wenn der Halbkreis zur sechsten Scheibe (s. w. u.) gelangt war, wobei sein Gewicht nach unten gelangte, er sich doch in entsprechender Weise weiter drehte und [die Scheiben] Haar für Haar entblöfste, bis alle 12 Scheiben entblöfst waren. Gelangte dagegen bei *Ibn al Naqqâsch* der Halbkreis bis zu der erwähnten Stelle und wirkte das gröfsere Gewicht nach unten, so drehte sich der Halbkreis plötzlich, so dafs die sechs [letzten] Scheiben auf einmal entblöfst wurden. Er kannte eben nicht das Geheimnis, das dieses Herabfallen verhinderte.

[1]) Archimedes wird ja die Konstruktion von Uhren zugesprochen.

Dies ertrug er nicht und starb an der Angst, die er dabei erduldete. Indessen hatte er alles, was er verbessern wollte, verdorben. Die Zeit und die Tage verflossen bei diesen Versuchen; er bekam aber nichts passendes heraus, bis sein Seufzen vollendet und seine Betrübnis geheilt war (d. h. bis zu seinem Tode).

Sein Schüler *Ibn Ḥâgib* gehörte zu denen, deren hochmütiges Auftreten[1]) ich bewunderte; er war überzeugt, dafs die Dinge sich im grofsen wie im kleinen verhalten und dafs die Umdrehung der Stunden zu dem gehört, worauf man aus der Analogie schliefsen kann. Er verdarb Vorrichtung auf Vorrichtung; er war fortwährend tätig, und dachte unablässig nach, bis er von Schwäche und Angst bei seiner Arbeit überwältigt wurde. Er stützte sich bei seiner Arbeit auf den Gelehrten *Abu'l Faḍl al Naggâr* (Tischler), der sich selbst als „den Geometer" (*Muhandis*) bezeichnete (s. oben). Von diesem Mann hatte ich aus verschiedenen Gründen eine hohe Meinung, so wegen seiner grofsen Ruhe, von der ich meinte, dafs er diese infolge seiner Wissenschaft, Ausdauer und Geduld besäfse, ferner weil er Fragen nur langsam beantwortete; hierin sah ich eine Bestätigung für sein sicheres Wissen. Dies dauerte solange, bis ich herausfand, was eigentlich hinter ihm steckte. Wir besprachen Dinge, die mit der Astronomie usw. zusammenhängen, dabei erfand ich ihn als eine Fata Morgana; bei Fragen, die ich an ihn richtete, blieb er weit hinter deren Lösung zurück. Als er gefragt wurde, ob die Tierkreiszeichen zu der Fixsternsphäre gehören oder nicht, antwortete er mit Nein und ebenso ging es mit vielen anderen ähnlichen Dingen. Er ruinierte die Stunden der Nacht und brachte diejenigen des Tages in Unordnung.

Dann befafste sich einer mit der Uhr, mit dessen Erwähnung keine Zeit verloren werden soll; er war durchaus unbedeutend. Er verdarb die Uhr vollständig, so dafs keiner ihrer Teile heil blieb.

Da machte mir einer, dem ich nicht widersprechen konnte,[2]) es zur Pflicht, dafs ich mich mit der Uhr befasse und ihre verdorbene Bewegung in schöne Ordnung bringe und ihre einzelnen Teile, die verloren waren, vollkommen und vollständig wieder herstelle. Ich wufste aber wohl, welch herrlichen und grofsen Vorteil die Kenntnis der Tag- und Nachtsunden sowie die der Zeit der Gebete[3]) bei trübem Wetter und bei Regen bietet. Dabei konnte ich das Andenken meines Vaters wieder lebendig sowie das, was ein Zeichen seiner Kunst war, wieder sichtbar machen, nachdem es vernichtet war. Ich gehorchte dem Befehl und schätzte die Gnade dessen, der ihn erteilte, hoch. Als ich die Arbeit übernahm, da war kein Teil, so wie es nötig war, vorhanden. Ich brachte die Teile in Ordnung und stellte sie wieder her; ich richtete ihre Bewegungen und brachte sie in Gang und ordnete sie so, wie dies am schönsten ist. Ich verzierte die Uhr nach den Regeln, die für die Ausschmückung gelten, so dafs sie gleichsam nach ihrem Tode wieder lebte und nach der Vernichtung wieder auferstand. Ich fügte noch mancherlei schönes hinzu, so dafs man die Zeit,[4]) zu der ich mich damit befafste, erkannte.

---

[1]) Dieses wird im Einzelnen geschildert.

[2]) Wahrscheinlich einer der Sultane von Damaskus.

[3]) Die Bedeutung der Uhr für die Festlegung der Zeiten des Gebetes wird mehrfach betont; wesentlich mit aus diesem religiösen Bedürfnis heraus hat sich die Astronomie bei den muslimischen Völkern entwickelt.

[4]) Es wurde ein Chronograph, d. h. das Datum, an dem die Uhr fertiggestellt wurde, angebracht.

Dann faſste ich den Plan, dies alles in einem Werk zusammenzufassen, das dem Menschen als Stütze dienen sollte, und zu dem er unter allen Umständen seine Zuflucht nehmen konnte [falls etwas an der Uhr verdorben wurde].

Das Werk besteht aus fünf Abschnitten:

I. Über die Konstruktion (*Istichrâg*) der Uhr; Bericht über den ersten,[1]) der sie konstruiert hat, über das, was dazu gekommen ist, und kurze Angabe über Benennung ihrer einzelnen Bestandteile.

II. Über die Namen aller eben erwähnten Bestandteile, Besprechung eines jeden einzelnen, wobei sie erklärt werden und wobei das, was an ihnen wesentlich ist, mitgeteilt wird.

III. Über die Herstellung der einzelnen Bestandteile, Besprechung ihres Aussehens, ihrer Gestalten und Maſse und ihrer Befestigung.

IV. Über die Art, wie man die Uhr benutzt und sie in Gang setzt; Angabe der Vorschriften für die Zeit der Benutzung ihrer Bestandteile und die für einen jeden Tag erforderlichen Vorschriften.

V. Über die Schäden, die bei der Uhr vorkommen, und darüber, wie man sich vor ihnen hütet, damit sie sich so schön und vollkommen wie möglich bewegt.

Erster Abschnitt.

Über den ersten, der die Uhr und einige ihrer Teile konstruierte, und darüber, was nach ihm an Bestandteilen zugefügt wurde, sowie kurze Angabe der Namen der einzelnen Teile bei der hier behandelten Uhr, von der Archimedes einige Teile konstruiert hat.

Wir brauchen ihre Gestalt (d. h. die der Uhr des Archimedes) nicht so vollständig zu beschreiben, daſs wir gleichsam eine Abschrift von dem Werke dieses Gelehrten erhalten. Wir erwähnen nur, was er erfunden hat, nach den Werken und Berichten der Gelehrten. Es sind dies:

Der Hauptbehälter (*Binkân*), der *Rubʿ* (ein zweiter Behälter), der Schwimmer *II* (*ʿAwwâm*), der Deckel (*Barbach*), der Schwimmer *I* (*Ṭafâf*), ein einziger Zeiger (*Murî*), der Kopf eines Vogels ohne Körper und eine Kugel, die am Ende jeder Stunde herabfällt. Die Anordnung der Kugeln, die Aufstellung [der Uhr] und ihr gesamtes Aussehen brauchen wir nicht zu schildern, da dies in dem Buch des Mannes[2]) erwähnt ist. Den Teller für den Tierkreis, auf dem sich das Mündungsstück (*Gazʿa*) befindet, werden wir später besprechen.

Ein Mann, der *Hormuz* geheiſsen haben soll, konstruierte die zwölf Türen für die Stunden des Tages und der Nacht. Diese Türen drehten sich in beiden (Tag und Nacht). Für jede Stunde stellte er zwei Kugeln her, auch vermehrte er die Rinnen

[1]) Aufzählungen von Leuten, die als erste etwas erfunden oder getan haben, finden sich vielfach in der muslimischen Literatur, so in dem ersten Kapitel von *Taʿâlibî's Laṭâ'if al Maʿârif*.

[2]) Ein Bruchstück des Werkes von Archimedes hat C. de Vaux herausgegeben (vgl. Einleitung).

(*Mîzâb*). Das Ganze erhielt die Gestalt, wie es das Bild (wohl das am Ende der Abhandlung gegebene) zeigt. Das Ganze befand sich aber in einem Kasten (*Ṣandûq*) und man sah nur die Türen; die Vögel bewegten sich nicht und nur ihre Schnäbel ragten aus dem Kasten heraus. Diese Vorrichtung wurde lange im Lande *Fâris* (Persien) benutzt. Von dort kam die Uhr zu den Griechen, wo sie an verschiedenen Orten angewandt wurde. Dann kam sie nach Damaskus und wurde dort bis zu den Tagen der Rumaer (Byzantiner) verwendet und dann in den Tagen der Omejjaden entsprechend den Berichten in den Geschichtswerken.

Diese dem *Hormuz* zugeschriebene Uhr blieb weiter und weiter bestehen; ein Mann nach dem andern sorgte für ihren Umlauf; sie hatte die von uns beschriebene Beschaffenheit.

Die Länge des *Binkân* war mit einem Zirkel entsprechend der Erstreckung der zwölf Stunden (Türen) abgemessen. Er war länger als diese Strecke um den Abstand zwischen Röhre *I* (*Anbûb al châbûṭî*) und dem Boden (*Qaʿr*) des Hauptbehälters vermehrt um die Höhe des Schwimmers *I*.

Das Wasser wurde von der höchsten Stelle des Hauses, d. h. dem Gewölbe, in dem die Ketten aufgehängt sind, in den Hauptbehälter eingegossen, da dieser sehr lang war. Hatte das Wasser in dem *Binkân* während 12 Stunden abgenommen, so war die Uhr leer (abgelaufen) und das Ende des Tages gekommen; da sah ich, welche Mühe und Not das Eingiefsen des Wassers machte. Um nämlich den Hauptbehälter ganz zu füllen, brauchte man 20 *Garra*,[1]) dazu war eine beträchtliche Zeit nötig. An dem Behälter *I* waren noch nicht die später zu erwähnenden Klötze, die eine Anzahl der Teile der Uhr in ihrer gegenseitigen Lage festhalten und sie an Bewegungen hindern, vorhanden. Erst durch diese können sie sich nicht aus ihren Lagen entfernen und sich nicht loslösen.

Ferner fehlte der *Kail*, das viereckige Rohr, das mit der Fläche des *Kail* verlötet ist, der Deckel (*Barbach*), der sich über beide erstreckt. Archimedes hat dies auch nicht erwähnt. Wir werden den Nutzen von all diesem besprechen. Auch fehlten an jener Uhr die Stunden der Sonne und der Halbkreis, der die Scheiben der Nacht zunächst verhüllt und dann ihre einzelnen Stunden enthüllt, so wie ihn mein Vater und ich nach ihm angeordnet haben; der Kreis war vielmehr ein ganzer Kreis. Gegenüber der Achse befindet sich an der Stelle, in der sie sich dreht, ein langes Stück Holz; in dessen einem Ende ist ein kupferner Klotz befestigt, in dessen oberem Teil sich das eine Ende der Achse dreht; das andere Ende erstreckt sich bis zu der der Uhr gegenüberstehenden Wand (also wohl quer durch das Gebäude); die Länge des Holzes beträgt 20 Ellen (= 10 m); dies ist so häfslich wie möglich.[2])

An jener Uhr fehlten die beiden Räder (*Daulâb*) für die Tagesstunden, von denen das eine grofs, das andere klein ist. Wir werden ihre angemessene Gröfse mitteilen. Ferner fehlten die miteinander verbundenen (verheirateten, doppelten) Rollen (*al Bakar al muzdawagat*), über die die Enden der Seile des Halbkreises der Nacht laufen. Der Kreis des Tellers für den Tierkreis, auf dem sich das Mündungsstück befindet, war, wie schon bemerkt, nur ein Halbkreis, nicht ein Vollkreis. Die beiden

---

[1]) Die *Garra* von Antiochia fafst ca. 23 Liter, die meistens benutzten 11,5 Liter.
[2]) Die Beschreibung ist nicht ganz klar.

Vögel ragten nicht selbst [aus den Kasten] heraus, sondern nur ihre Köpfe, wie dies Archimedes in der ihm zugeschriebenen Uhr angeordnet hatte.

Die Uhr blieb nach jeder Richtung hin vollkommen unverändert, auch noch während mein Vater sie besorgte und sie eine Anzahl von Jahren im Umlauf erhielt. Er fügte nichts zu ihr hinzu und nahm nichts fort, bis im Jahre 564 d. H. (1168/1169) der Bazar der Filzmacher (*Labbâd*)[1] und die Uhr verbrannte; dabei wurde sie zerstört und man mufste sie von neuem dauerhaft herstellen. Da konstruierte mein Vater das Zwischenstück zwischen dem Hauptbehälter und dem *Rubʿ*, nämlich den *Kail*, eine der sinnreichsten Anordnungen. Er richtete sie so ein, dafs sie zuverlässig wirkte; er regelte genau den Austritt des Wassers und sorgte für dessen vollkommene Beruhigung sowie dafür, dafs die stets im Wasser enthaltenen Schmutzteilchen sich vollkommen absetzten. Dann erfand er das viereckige Rohr, damit das Wasser, das aus dem *Kail* in ihm emporsteigen soll, dies entsprechend tut, von den Schmutzteilchen aber nur so wenig, dafs man damit nicht zu rechnen braucht. Das Aufsteigen der Schmutzteilchen widerspricht deren Natur; es erfolgt bei dieser Anordnung schwieriger als dasjenige des Wassers. Die Schmutzteilchen müssen sich daher zum gröfsten Teil im *Kail* absetzen. Dies ist eine besonders schöne und sinnreiche Konstruktion. Dies ist auch noch aus folgendem Grunde der Fall. Tritt wie bei Archimedes das Wasser aus dem Hauptbehälter durch die Röhre *I* (*al châbûtî*) zu dem Deckel direkt aus; es war der Deckel (*Barbach*) nur mit der Röhre *I* verbunden; so tritt das Wasser aus dem Deckel mit grofser Gewalt und Ungestüm aus und stöfst heftig gegen den Schwimmer *II*. Unter diesen Umständen kann man den *Rubʿ* nicht so aufhängen und so anbringen, dafs er ruhig und von Erschütterungen frei ist. Daher tritt dann das Wasser aus dem Zwischenraum zwischen dem Rand des *Rubʿ* und dem des Deckels heraus. Dies hört erst dann auf, wenn man sich ausdauernd darum bemüht hat und man sich wiederholt damit befafst hat; ferner wird das Werk fast stets erschüttert und verfliefst zu der Zeit seiner Anwendung ein beträchtlicher Betrag einer Stunde (ehe es in Gang kommt).

Als mein Vater den *Kail* und das viereckige Rohr erfunden hatte, da stieg das Wasser aus der Röhre *I* in den *Kail* hinab, dann ging es nach oben, drang in die viereckige Röhre, dabei wurde seine Kraft gemildert, so dafs es sich wie ruhendes Wasser verhielt, denn es stieg entgegen seiner natürlichen Bewegung in die Höhe. Es war dies nur eine erprefste, gezwungene Bewegung. Dann bewegte es sich in der viereckigen Röhre und flofs aus der Mündung des Deckels entsprechend der verlangten Menge. Mein Vater konnte dann die anderen Apparate zusammensetzen und den Austritt des Wassers in entsprechender Weise regeln.

Dem Hauptbehälter gab er die Höhe eines Mannes (*Qâma*), der das Wasser hineingofs; die eingegossene Menge betrug zwei (*Garra*) oder weniger. Den Hauptbehälter konnte er nur deshalb so kurz machen, weil er das Rad des Tages in besonders kluger Weise konstruierte. Er machte nämlich den Umfang des grofsen Rades

[1] Über einen Brand aus dem Jahre 564 liegt kein Bericht vor, wohl aber über einen solchen aus dem Jahre 562 (1166/67), der sicher hier gemeint ist, und zwar von *al Ḏahabî*: „In diesem Jahr verzehrte ein grofser Brand das Tor der Stunden und den Bazar der Filzmacher. Der Brand entstand in dem Laden eines Verkäufers von *Harîsa* (Teig aus zerstofsenem Weizen, Butter, Fleisch und Gewürzen). Die Leute erlitten grofse Verluste.“ (H. Sauvaire, J. asiat. [9] Bd. 7, S. 209. 1896).

gleich der Länge der zwölf Stunden. Wenn sich dann das Rad einmal drehte, so wurde dadurch der mit dem um das Rad gewickelten Seil verbundene Schlitten, der die sämtlichen Türen öffnete, vom Anfang des Tages bis zu dessen Ende gezogen.

In der Mitte des grofsen Rades brachte er das kleine an, beide waren durch dünne schwache Bretter verbunden. Beschrieb dann das kleine Rad eine ganze Umdrehung, so war das auch bei dem grofsen der Fall. Mein Vater verwandte ferner die Kette (*Silsila*), die an dem Schwimmer befestigt und um das kleine Rad gewickelt war. Sinkt dann das Wasser in dem Hauptbehälter um eine Strecke gleich dem Umfang dieses Rades; diese ist sehr klein; so beschreibt das kleine Rad eine Umdrehung, dabei zieht der Schwimmer an der um das Rad gewickelten und an ihm angenagelten Kette. Gleichzeitig dreht sich das grofse Rad einmal um; dadurch wird der Faden gezogen, der an dem Daumen des Schlittens angebunden ist und die Türen im Laufe des Tages öffnet; so öffnen sich im Laufe eines Tages die zwölf „Stunden", entsprechend dem Sinken des Wassers im Hauptbehälter. Die Strecke, um die der Schwimmer sinkt, ist, wie erwähnt, gleich dem Umfang des kleinen Rades. Dieser Umfang beträgt etwas über eine Spanne. Das ist aber der Betrag von zwei *Garra*. Früher war das Wasser um die ganze Höhe des Hauptbehälters gesunken, das hatte 20 *Garra* entsprochen. Denn jedesmal, wenn in diesem Fall das Wasser um 1 Sp. sank, so sank das Ende des Seiles um 1 Sp. herab, bis soviel von ihm hinuntergestiegen war, als der Länge der 12 Stunden entsprach.

Mein Vater erfand ferner die Stunden der Sonne. Dies sind Vorrichtungen, die er denen seiner Vorgänger hinzufügte. Weiter erfand mein Vater den Halbkreis, der die Scheiben der Nacht verdeckt. Es gehört dies zu seinen schönsten Werken. Er bewahrte weiter den vollständigen Kreis und den langen Holzbalken, der seine Achse festhält, vor Häfslichkeit; und dies war früher der häfslichste Teil der Uhr. Weiter fügte er die doppelten Rollen hinzu, auf denen sich die beiden Seile dieses Kreises drehen. Dann bildete er den Teller des Tierkreises zu einem vollständigen Kreis aus.

Das alles werden wir mit Rücksicht auf seine Vorzüge besonders behandeln, vor allem auch, dafs die Verwendung eines vollständigen Kreises weit besser ist als die eines Halbkreises, wie ihn Archimedes benutzte. Weiter erfand mein Vater die beiden Vögel mit ausgebreiteten (*manschûr*) Flügeln[1]); er liefs sie herausragen. Fiel die Kugel in sie, so verbeugten sie sich vor Gott, mächtig und grofs ist er, und öffneten ihre Schnäbel, so dafs die Kugel auf die Zymbel fiel; dann kehrten die Vögel in ihre aufrechte Stellung zurück, nachdem sich ihre Schnäbel wieder geschlossen hatten.

Mein Vater erfand auch die aufserhalb der Uhr sich bewegende Mondsichel, so dafs man von aufsen sah, wie viele Stunden verflossen waren. Weiter erfand er die Einteilung einer jeden Stunde, damit man erfährt, wie viel von ihr abgelaufen ist und wie viel noch übrig bleibt.

Auch erfand er den schneckenartigen (*halazûnî*) Träger für den Kreis der Nachtstunden; das ist wohl das feinste, was er erfunden und gemacht hat.

Mein Vater erfand endlich die Mondsicheln (Füllungen), welche in den Türen aufgestellt sind, und zwar in einer Gestalt, die man vorher nicht angewandt hatte.

---

[1]) Die Flügel sind breit an den Körper angelegt, also nicht so wie beim Fliegen ausgebreitet.

Man kann sich nichts schöneres vorstellen oder vor Augen führen. Sie sind höchst dauerhaft in der Ausführung und sehr schön zum Anschauen.

Ich fügte den Stab (*Saffûd*) hinzu, der sich gegenüber den Rinnen befindet, in die man die Kugeln legt. Er ist so lang, wie sie und überragt sie noch um das Stück, das auf den zugehörigen, auf ihren beiden Seiten befindlichen Pfeilern (*Kabsch*) befestigt ist. An dem unteren Ende einer jeden Klappe (*Zurfîn*), die sich an einer Art Gelenk (*Narmâḏaga*) befinden, brachte ich einen Ring an, der weiter ist als der Stab dick ist. Die Klappe drehte sich mit dem Ring auf dem Stab, wenn sie sich niederlegte oder aufrichtete. Ich verwandte den Stab, weil, wenn man das Gelenk auf die Rinnen selbst leicht auflötete und die Klappe sich durch ihr Gewicht niederlegte, sie an den Gelenken so zog, dafs diese sich lockerten. Man mufste daher beim Löten sehr viel Mühe verwenden. Aber auch wenn man dies tat, so hielt die Vorrichtung wohl etwa einen Tag, dann ging sie entzwei. Der erwähnte Stab läfst sich dagegen beliebig lange verwenden, ohne eine Schädigung zu erfahren oder zu zerbrechen.

Ich verband den Stab an drei Stellen sorgfältig mit den Rinnen.

Man darf auch die Scharniere (*Ḍabba*),[1] in denen sich die Klappen drehen, nicht an die Rinnen annageln,[2] da die Köpfe der Nägel die Kugeln am Herabrollen hindern würden, wenn die Klappen sich aufrichten. Klappen und Kugeln mufsten ihre Lagen wegen der Nagelköpfe an den Scharnieren (*Ḍabba*) beibehalten. Der Stab hatte eine schöne Gestalt und war leicht. Er liegt ähnlich wie der Stab, an dem sich die Röhren für die Mondsicheln befinden. Ich fügte unten an dem Hauptbehälter einen Hahn hinzu, damit man ihn leicht öffnen und den angesammelten Schmutz auswaschen konnte. Der Hahn wird dann festgebunden, so dafs kein Tropfen Wasser austritt. Hat man keinen Hahn am Hauptbehälter, so ist es schwierig den sich reichlich in ihm ansammelnden Ton fortzuschaffen, auszuschütten und fortzuwaschen.

Weiter blieb das Seil, das um das kleine Rad geschlungen war und zu der Kette am Schwimmer hinabhing, [leicht] an dem Holz des Gewölbes hängen und wurde dadurch abgerieben und durchgeschnitten. Ich verwandte daher eine Rolle, die durch einen Nagel an der Wand des Gewölbes befestigt war.

Weiter brachte ich an der Platte des Mündungsstückes einen Zeiger an, der dem ursprünglichen Zeiger des Mündungsstückes gegenüberstand, um letzteren bei Nacht in die Stellung des ersteren bei Tage zu bringen. Ich nannte diesen zweiten Zeiger „den Gegenüberstehenden“ (*Murî al naẓîr*). Ich benutzte ihn deshalb, damit, wenn jemand die Lage des gegenüberliegenden Punktes bei Nacht nicht kennt und nicht lesen kann, er den einen Zeiger an die Stelle des anderen bringen kann. Hat man keinen zweiten Zeiger, so mufs der, der die Sache einstellt, lesen können und das Mündungsstück auf das siebente Tierkreiszeichen für jeden Tag und jede Nacht verschieben. Das ist aber im Verhältnis zu meinem Verfahren beschwerlich und mühselig.

---

[1]) *Ḍabba*, hier wird noch eine etwas andere Art von Gelenk erwähnt. *Ḍabba* ist heute in Oberägypten ein Holzriegel, der zum Schliefsen einer Türe dient und von aufsen hochgezogen und herabgelassen wird.

[2]) Nageln wird in dem allgemeinen Sinn, etwas mit Stiften befestigen, vielfach benutzt; hier bedeutet es wohl annieten.

Archimedes benutzte eine Röhre, die er die hinkende (*aʿrag*) nannte. Seine Uhr wurde durch sie in Umdrehung gesetzt und sie hatte diese Gestalt (Fig. 91). In ihr eines Ende wurde das Mündungsstück gesetzt und ihr anderes Ende wurde in den Teller des Mündungsstückes eingefügt. Stand die Sonne in dem oberen Tierkreiszeichen, so wurde das Mündungsstück zu ihm gedreht, dann trat das Wasser wie ein Springbrunnen aus. Befand sich die Sonne in Tierkreiszeichen, die sich unten am Teller befanden, so floſs das Wasser nach unten aus, gegenüber der Austrittsstelle, die der Drehung des Mündungsstückes nach oben entsprach.

Fig. 92.

Mein Vater setzte zu gewissen Zeiten die Uhr durch diese hinkende Röhre in Bewegung. Ich fand, daſs diese Anordnung leicht ihre Lage änderte, sich leicht verstopfte und leicht Schäden erlitt. War das Mündungsstück oben, so muſste es weiter als unumgänglich nötig sein. Drehte man es nach unten, so trat weit mehr Wasser aus, als nötig war; auch war der Wasseraustritt bei Tage nicht entsprechend dem bei Nacht. Entweder wurden so die Stunden des Tages oder die der Nacht fehlerhaft. Ich stellte daher eine umgebogene (*muʿawwag*) Röhre her. Wurde diese zu den oberen Tierkreiszeichen gedreht, so stand sie aufrecht und das Wasser trat langsam aus, drehte man die Röhre zu den unteren, so war sie nach unten gekehrt und der Wasseraustritt war reichlich. Diese Röhre trat an die Stelle der hinkenden[1]) und besaſs nicht deren Mängel, auch verstopfte sich das Mündungsstück nicht leicht. Der Austritt des Wassers entsprach den Zeitverhältnissen, da sie alle mögliche Lagen annehmen konnte. Das ist ein schönes Geheimnis.

Fig. 91.

Das Folgende ist eine Zusammenstellung der Namen[2]) der Instrumente:

Das Mündungsstück (*Gazʿa*; es ist das Stück, aus dem das Wasser ausfliefst, und so der wichtigste Teil der ganzen Uhr). — Die Röhre des Mündungsstückes (*Anbûb al Gazʿa*, es ist stets *Anbûb* mit Röhre, *Barbach* mit Rohr übersetzt). — Die Platte (*Ṣafîḥa*) des Mündungsstückes. — Der Zeiger (*Murî*) des Mündungsstückes. — Der Zeiger für die gegenüberliegende Stelle (*al naẓîr*). — Der Teller (*Sînîja*), auf dessen Rand die Namen der Tierkreiszeichen, wie sie aufeinanderfolgen, stehen (zu

[1]) Die ganze Stelle ist nicht verständlich. Für die hinkende Röhre gibt der Text die Fig. 91; steckt man das eine kurze Stück in die Zuführungsröhre des Wassers, so tritt aus dem anderen das Wasser stets horizontal aus. Etwas anderes erreichte *Riḍwân* auch mit seiner *muʿawwag*-Röhre nicht, sondern diese kommt auf dasselbe heraus. Hätte die hinkende Röhre die Gestalt Fig. 92, wobei wieder das Wasser durch das kurze Stück zugeführt wird, so wäre *Riḍwans* Bedenken eher verständlich. Die Bemerkung, daſs das Wasser aus der nach oben gedrehten hinkenden Röhre „wie ein Springbrunnen“ austrat, spricht für die Annahme, daſs diese tatsächlich nicht wie Fig. 91, sondern wie Fig. 92 aussah. Leider läſst sich auch aus der Beschreibung der Uhr von Archimedes selbst und den dabei mitgeteilten Zeichnungen kein klares Bild gewinnen, doch dürften sie eher mit der Fig. 92 übereinstimmen.

[2]) In der Transkription ist stets, wenn auch die Worte im Plural oder Dual vorkommen, der Singular angegeben. Bei der Übersetzung ist ferner oft an Stelle des bestimmten Artikels im Arabischen unserm Sprachgebrauch entsprechend der unbestimmte benutzt.

Sinîja vgl. z. B. Türkische Bibl., herausgegeben von G. Jacob und R. Tschudi, Bd. 16, S. 137). — Die weite weibliche Röhre auf dem Teller. — Die männliche Röhre auf der Scheibe des Mündungsstückes (die Bezeichnung weiblich und männlich kommt für zwei zueinander gehörige Teile, von denen der eine in den anderen pafst, sehr viel vor, vgl. dazu E. Wiedemann, Beiträge VI S. 33 und 37. Persisch heifst es *Ner* Mann, *Mâdeh* Weibchen; daher ist *Nermâdeh* ein Gelenk, ein Wort das auch im Arabischen für ein solches verwendet wird, s. auch oben). — Die umgebogene (*muʿawwag*) Röhre. — Das Loch der männlichen Röhre. — Der Splint (*Faras*) der männlichen Röhre. (Das Wort *Faras* (Pferd) wird für alle möglichen Vorrichtungen benutzt, durch die ein Gegenstand in seiner Lage gegenüber einem anderen festgehalten wird: also den Splint und Vorsteckkeil, Sperrhaken usw.). — Der Klotz (*Libna*) auf dem Teller. *Libna* als Block oder Klotz kommt z. B. in der Verbindung ein Goldblock vor (Edrisî ed de Dozy und de Goeje Glofs, S. 376).

Der *Rubʿ*. *Rubʿ* ist der Ausdruck für ein Hohlmafs, hier dürfte das Wort wegen der Gestalt angewandt sein. Sein wirklicher Inhalt wechselt übrigens stark nach den Gegenden. Hier ist es nach den späteren Angaben etwa 3 bis $3^1/_2$ Liter (Höhe ca. 28 cm, innere Weite 12 cm). — Die Säule (*ʿAmûd*) des *Rubʿ*. — Der Keil (*Isfîn*) des *Rubʿ*. — Der Kragen (*Ṭauq*) des *Rubʿ*. (Der Kragen ist ein senkrecht zur Wand des *Rubʿ* angelötetes ringförmiges Blech.) — Die beiden Einschnitte (*Farḍ*) am *Rubʿ*. (Es sind zwei radiale Einschnitte im Kragen.) — Der Schwimmer (*ʿAwwam*) des *Rubʿ* (Schwimmer *II*). — Der Deckel (*Barbach*, ein mit einem Loch versehener Deckel). (*Barbach* heifst meist Rohr und wird auch von *Riḍwân* in diesem Sinn benutzt, hier ist wohl der Namen wegen des Loches, durch das Wasser fliefst, benutzt.) — Die beiden Ansätze (*Faras*) des Deckels (*Barbach*). (Es sind dies zwei am Deckel angebrachte Ansätze, die sich in die Einschnitte im Kragen des *Rubʿ* einsetzen.) — Der Klotz des Deckels. — Die viereckige Röhre (*al Anbûb al murabbaʿ*).

Der *Kail*. (Es ist dies eigentlich ein Mafs für Getreide, hier ist es ein halb so grofser Behälter als der *Rubʿ*.) — Der Klotz des *Kail*. — Die Röhre *al châbûṭî* (Röhre *I*). (Ich habe keine Bedeutung für *châbûṭî* finden können. Es ist eine weite, am einen Ende etwas umgebogene Röhre (vgl. weiter oben).

Der Hauptbehälter (*Binkân*[1]) (in ihm befindet sich der die Uhr treibende Schwimmer). — Der Hahn (*Batjûn*) des Hauptbehälters. — Der Schwimmer *I* (*Tafâf*) im Hauptbehälter.[2]) — Der Knopf (*Razza*) am Schwimmer *I*. — Der Ring (*Ḥalqa*) am Schwimmer *I*. — Der Haken (*Kullâb*) am Schwimmer *I*. — Die Ketten (*Silsila*) für den Tag. Die beiden Ketten (*Silsila*) für die Stunden (Uhr) der Nacht und die Stunden der Sonne. (Die Bedeutung des Wortes *al Sâʿât* wechselt, bald bedeutet es die Stunden, bald die Uhr.)

Die beiden Räder (*Daulâb*) des Tages. — Die Achse (*Quṭb*) der beiden Räder des Tages. (*Quṭb* bedeutet oft auch der Pol.) — Der Balken (*ʿIdâḍa*, Pfosten, Pfeiler), für die Räder des Tages. (Für unser Wort Balken usw. benutzt *Riḍwân* auch die Worte *ʿIrnâs* und *Râqûna*. Das Wort *ʿIdâḍa* ist in unserer *Alhidade* erhalten.) — Deren Klotz (*Libna*).

[1]) Bei *Gazarî* und auch sonst heifst es *Chizânat al Mâ* Wasserbehälter.
[2]) Dieser Schwimmer heifst auch oft *Dabba*, so bei Archimedes.

Die Rollen (*Bakara*) für die Stunden des Tages. — Der Schlitten (*Hilâl*). (Der Schlitten heifst *Hilâl* (Mondsichel), weil er am Ende eines vertikalen Stabes eine Mondsichel trägt.) — Die Maus (*Fa'ra*) des Schlittens. — Der Daumen (*Bazjûn*) des Schlittens. (Er heifst *Bazjûn* Hahn, weil er die Türen öffnet, er wird etwas anders geschrieben als der Hahn am Hauptbehälter.) Die innenliegende Bahn (*Masâr*) des Schlittens. — Die aufsenliegende Bahn des Schlittens.

Die Türen (*Bâb*) für die Tagesstunden. — Die Knöpfe (*Zirr*) der Türen. — Die Zapfen (*'Aqb*) der Türen. — Die Pfosten (Säulen, *'Amûd*) der Türen. — Die Wölbungen (*Qanṭara*) über den Türen. — (Diese sind in der Figur dreieckig gezeichnet.) — Die Mondsicheln (*Hilâl*) an den Türen. (Diese Mondsicheln sind an Platten, die sich über den Türen befinden und die sich aufrichten, befestigt; wir werden das Wort mit Füllung übersetzen.) — Die Kordeln (*Scharrâba*) an den Türen. — Die Kordeln an den Füllungen. — Die Schwellen (*'Atab*) für die Türen. — Die Löcher (*Ṭaqb*) für die Zapfen der Türen. — Die Sperrhaken (*Faras*, s. oben), die zum Festhalten der Türen dienen (*ḍâbiṭ*). — Die Träger (*Ḥâmil*) der oberen und unteren Schwelle. — Die *Râqûna* (ein Balken). — Die 12 Spanngewichte (*Muṭqila*). — Der Stab (*Saffûd*) der Spanngewichte. — Der Stab für die Ringe (*Ḥalqa*). — Das Haus (*Bait* Kasten) für die Spanngewichte. — Die Türe des Hauses der Spanngewichte. — Die Ketten für die Mondsicheln.

Die Klappen (*Zurfîn*). — Die Rinnen (*Mizâb*). — Die beiden Pfeiler für die Rinnen (*Kabsch*). — Die Träger für die kurzen Rinnen. — Die Kugeln. — Die Ketten für die Klappen. — Die Röhre (*Barbach*) für die Füllungen. — Der Stab (*Saffûd*) für die Röhre. — Die Träger des Stabes. — Die beiden Zapfen für jede Füllung.

Die beiden Falken (*Bâz*). — Die beiden Mechaniken (*Manganîq*). — Die beiden Pfeile (*Sahm*) an den Mechaniken. — Die Achse der Mechanik. — Die beiden Klötze bei jeder Mechanik. — Die beiden Zymbeln (*Mir'ât*, wörtlich Spiegel). — Die beiden Becher (*Ka's*). — Die beiden Basen (an den Bechern *Qâ'ida*). — Die beiden Häuser der Kugeln. — Die beiden Türen an den beiden Häusern der Kugeln.

Das Spanngewicht der Uhr für den Tag. — Die Stunden der Nacht. (Die Uhr für die Nacht.) — Der Halbkreis für die Stunden der Nacht. — Der Kreis für die Stunden der Nacht. — Die Rollen für die Stunden der Nacht. — Das Spanngewicht für die Stunden der Nacht. — Die Achse für den Kreis für die Stunden der Nacht. — Das Ende (*Ra's*) der Achse der Stunden der Nacht. — Das gröfsere viereckige Stück der Achse. — Das gröfsere runde Stück der Achse. — Das kleinere viereckige Stück der Achse. — Das kleinere runde Stück der Achse. — Der Schlitz (*Charq*) an der Achse. — Der Splint (*Faras*) an der Achse. — Die Unterlegscheibe (*Fals*) der Achse. — Der Träger der Achse. — Die beiden Klötze für die Achse. — Der Balken (*'Iḍâda*). — Der Kreis der Schnecke.

Die Stunden der Sonne. — Der Kreis der Tierkreiszeichen. — Der Körper (*Girm*) der Sonne. — Die Platte (*Ṣafîḥa*) für die Sonne. — Der Nagel (*Mismâr*) für den Sonnenkörper. — Der östliche Horizont (*Ufq*) der Stunden der Sonne. — Der westliche Horizont der Stunden der Sonne. — Der Ring (*Ṭauq*) des Trägers der Nacht.

Die Schaufel (*Migrafa*).

Zweiter Abschnitt.

Über die Namen aller erwähnten Bestandteile, Besprechung eines jeden einzelnen, wobei sie erläutert werden und wobei das, was an ihnen wesentlich ist, mitgeteilt wird.

Die Angaben dieses zweiten Abschnittes können hier übergangen werden, da sie sich fast vollständig in den folgenden Abschnitten ausführlicher wiederfinden; wo sie über die dort vorhandenen hinausgehen, sind sie an der betreffenden Stelle berücksichtigt.

Dritter Abschnitt.

Über die Herstellung der einzelnen Teile, deren Gestalt nebst Abbildungen, die Stelle, an der sie sich befinden, über die Art, wie man sie verwendet, und über ihre Dimensionen.

Ich mufs die Gröfse eines Teiles der Uhr angeben, da die Gröfsen aller Teile in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen; dabei kann ersterer gröfser oder kleiner sein. Ich gebe die Dimensionen, so wie sie mein Vater benutzt hat. Diese sind in jeder Hinsicht die besten; sie geben ein Beispiel, dem man, wenn man das Instrument kleiner oder gröfser macht, folgen mufs.

Der Hauptbehälter (*Binkân*) (Fig. 93)[1] hat die Gestalt eines länglichen Wasserleitungsrohres (*Qasṭal*). Er besteht aus einzelnen Zylindern, die man übereinander lötet. Er heifst auch Schatzkammer des Wassers (*Chizânat al Mâ*). Man stellt ihn aus gleichmäfsig dicken Platten von rotem, gehämmerten Kupfer her. Sie sind besser dick als dünn, denn dann hält der Behälter besser den Transport und das im Lauf der Zeit nötige Reinigen aus. Sind sie zu dünn, so verbiegen sie sich, zerbrechen und gehen leicht zugrunde. Sind sie aber sehr dick, so geht der Behälter ebenfalls leicht entzwei, da er dann infolge seines grofsen Gewichtes schwer zu transportieren ist. Die Platten überzieht man (macht man weifs) sorgfältig auf beiden Seiten mit einer dicken Zinnschicht (*Ânuk*). Dann biegt man die Platten zu einem genauen Kreiszylinder[2] und lötet ihre Ränder im Feuer zusammen. Hierauf setzt man einen Zylinder über den anderen, wie dies bei den Wasserleitungsröhren (*Qasṭal*) der Fall ist, so dafs der eine um $^1/_2$ Glied oder weniger über den anderen übergreift. Das ganze lötet man im Feuer sorgfältigst zusammen, damit im Laufe der Zeit, bei häufigem Transportieren und Reinigen keinerlei Schäden sich zeigen. Man kann diesen Behälter auch aus einem Stücke herstellen oder aus zwei, das ist sogar besser. Bei der hier beschriebenen Uhr sind dazu vier benutzt.

Die Innenwand wird dann genau zylindrisch gemacht.

---

[1] Der Hauptbehälter ist mehrfach abgebildet. Wir geben hier die Zeichnung, die ihn im Zusammenhang mit den anderen Wasserapparaten darstellt, nebst den zugehörigen, den Einzelzeichnungen entnommenen Beischriften.

[2] Statt Kreiszylinder ist das Wort „Kreis“ benutzt.

Die Länge des Hauptbehälters ist $6^1/_2$ mittlere (*muʿtadil*) Sp. Man erhält bei der Benutzung der Uhr auch dann befriedigende Resultate, wenn man die Länge kleiner, etwa nur halb so grofs oder noch kleiner, wählt. Mit der gröfseren Länge ist aber eine Anzahl von Vorteilen verbunden:

Fliefst das Wasser aus der Uhr aus und bleiben zum Schlufs in dem Behälter etwa zwei Drittel übrig, so wird das am Boden befindliche Wasser nicht getrübt und die Ausflufszeit schwankt nicht, da die Oberfläche des Wassers stets weit von dem Boden absteht. Ferner steht das Wasser entsprechend hoch über der Stelle, an der es aus dem Mündungsstück austritt; das ist aber nicht der Fall, wenn der Behälter kurz ist. Denn dann hat das Wasser nicht das erforderliche Übergewicht für das richtige Ausfliefsen, wenn die Sonne im Krebs steht und das Mündungsstück die höchste Stelle einnimmt. Ist der Behälter aber länger, als angegeben, so hat der, der das Wasser einzufüllen hat, Mühe, dies zu tun.

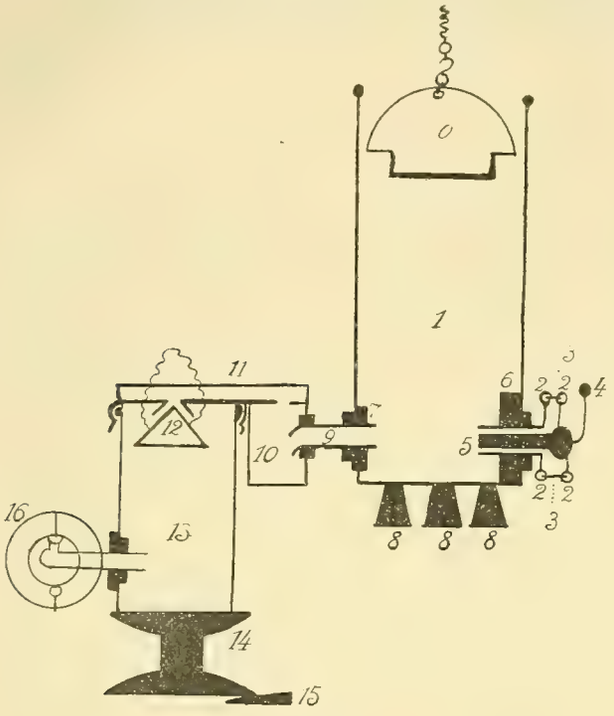


Fig. 93.

Es steht bei *0*: Schwimmer (*Ṭafâf*); *1*: *Binkân* (Hauptbehälter); *2*: Ring; *3*: Strick; *4*: Handgriff (*Mîl*); *5*: Hahn; *6*: Klotz; *7*: Klotz; *8*: Fufs; *9*: die in den Hauptbehälter geöffnete Röhre *al châbûṭî*; *10*: *Kail*; *11*: die viereckige Röhre; *12*: Schwimmer (*ʿAwwâm*); *13*: *Rubʿ*; *14*: Säule (Fufs) des *Rubʿ*; *15*: Keil unter der Säule des *Rubʿ*; *16*: Teller des Zodiakus. — Die Bezeichnungen sind aus verschiedenen Figuren zusammengestellt. Die Figur ist wesentlich besser gezeichnet als das Original und ihm gegenüber auch aus anderen Figuren ergänzt, so dafs sie ein möglichst vollständiges Bild der Wasserapparate gibt.

Macht man die ganze Uhr kleiner oder gröfser als die hier beschriebene, so kann man auch den Behälter kleiner oder gröfser machen.

Der Umfang des Behälters soll einem Seil von 4 mittleren Sp. und 6 F. entsprechen (s. oben). Aus dem Seil macht man einen Kreis und gibt dem Behälter die entsprechende Gröfse. Er hat dann einen Durchmesser von 1 Sp. und 6 F.[1]) Dies ergibt die Theorie wie die Messung. Den Boden (*Qaʿr*) macht man aus einem sehr dicken und kräftigen Blech. Man biegt es um den Zylinder, an den der Boden angelötet wird, um 1 Glied nach oben um und lötet Boden und Zylinder im Feuer zusammen. Zunächst mufs man diese Lötung vornehmen, da diese am leichtesten auszuführen ist. Man verzinnt den Boden sorgfältig. Überhaupt „müssen“ alle im Wasser

[1]) Die Spanne hat 12 F., π ist gleich 3 angenommen, dann ist $1\frac{1}{2} \cdot 3 = 4\frac{1}{2}$ (s. oben).

befindlichen Teile gut verzinnt sein, so dafs keine unbedeckten Stellen vorhanden sind, die der Rost zerfressen kann und die dann auseinanderfallen.[1])

Ist der Behälter fertig, so lötet man unter ihn dreieckige Füfse aus gegossenem Kupfer an, sie stehen gleichweit (d. h. 120°) voneinander ab. Ihr Zweck ist, den Behälter von der Unterlage [auf der er steht] abzuheben.[2]) Vom Boden des Behälters mifst man nach oben 6 F. ab und macht dort ein weites viereckiges Loch für die Röhre *I* (*châbûṭî*).

Der äufsere Umfang der Röhre *I*[3]) ist, mit einem Seil gemessen, 6 F. Innen ist sie rund; da, wo sie in den Hauptbehälter eingesetzt ist, aufsen viereckig, damit sie gut in diesem befestigt werden kann; man lötet sie in diesen ein, so dafs sie 2 F. in ihn hineinragt. Weiter macht man in das Ende der Röhre *I* im Hauptbehälter eine Anzahl von Löchern, damit das Wasser auch durch diese in sie eintreten kann. Da, wo die Röhre mit der Wand des Behälters verbunden ist, bringt man zwei Klötze aus gegossenem Kupfer an und zwar den einen innen und den anderen aufsen; sie halten die Röhre von beiden Seiten fest und behüten sie davor, dafs sie sich loslöst.

Aufserhalb des *Kail* befinden sich von der Röhre *I* 5 F., der Teil im Innern des gleich zu erwähnenden *Kail* beträgt 2 F.[4]) und ebensoviel derjenige im Innern des Hauptbehälters. Der Klotz im Innern des Hauptbehälters ragt von dessen Wand um ein Daumenglied hervor; er hat viereckige Flächen, die je 3 F. lang sind. Der aufserhalb des Hauptbehälters befindliche Klotz soll ebenso grofs wie der innen befindliche sein.

Auf die angelöteten Klötze gieſst man noch Blei, man kann sich dann auf das Ganze verlassen; bei dem Löten darf aber nichts biegsam bleiben. Findet man, dafs an einer Stelle nach dem Löten Wasser austritt, so lötet man sie noch einmal.

Man kann auch folgendermafsen verfahren. Man lötet in das für die Röhre *I* in dem Hauptbehälter hergestellte Loch einen viereckigen Klotz mit rundem Loch und schmiergelt in dieses die Röhre *I* sorgfältig ein, so dafs kein Wasser austropft. Du verfährst so, wie es Dir am bequemsten ist!

Der *Kail* (Fig. 94) hat die Form einer länglichen Schachtel, er gleicht dem zum Messen von Körnern und Samen dienenden *Kail*, er entspricht einem halben *Mudd*[5]). Sein oberes Ende liegt in derselben Ebene wie das des *Rubʿ*, sein unteres Ende in dessen Mitte. Seine Länge entspricht vier geöffneten Fingern, d. h. $^2/_3$ Sp.[6]) Auf den

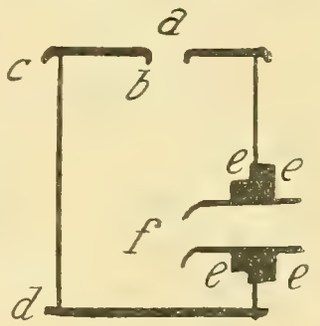


Fig. 94.

Es steht bei *a*: der Deckel des *Kail*; *b*: der Ort, von dem Wasser emporsteigt; *c*: der Deckel, angelötet, nach unten umgebogen; *d*: der Boden, angelötet, von unten nach oben; *e*: Klotz; *f*: Ende der Röhre *al châbûṭî*.

[1]) Die Angabe, dafs alles gut verzinnt und alles gut verlötet werden mufs, wiederholt sich immer wieder; wir werden sie nur selten mit übersetzen.

[2]) Die Beschreibung des Hahnes am Hauptbehälter und des in ihm befindlichen Schwimmers folgt weiter unten.

[3]) Im zweiten Abschnitt heifst die Röhre *I* „die Röhre des Hauptbehälters".

[4]) Die Angaben im vierten Abschnitt weichen von den hier gegebenen ab; die hier mitgeteilten erscheinen als die wahrscheinlicheren.

[5]) *Mudd* ist ein Getreidemafs. Es fafst gewöhnlich $^1/_2$ Liter, hier ist es noch wesentlich gröfser.

[6]) Daraus ergibt sich die früher angegebene Länge der „geöffneten" Finger.

Kail lötet man einen Deckel mit einem Loch in der Mitte. In die Wand des *Kail* macht man ein viereckiges Loch, in das die Röhre *I* sich einsetzt. Aufsen lötet man an dieser Stelle einen kräftigen Klotz an. Das Ende der Röhre *I* ist im Innern des *Kail* nach unten umgebogen, damit das Wasser gut aus ihm austritt. (Vgl. auch Fig. 93).

Den Boden des *Kail* bringen wir in dieselbe Ebene wie die drei Füfse des Hauptbehälters.

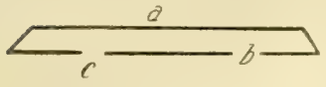


Fig. 95.

Es steht bei *a*: Bild der viereckigen Röhre; *b*: Loch für das Aufsteigen des Wassers; *c*: Loch für das Absteigen des Wassers.

Die viereckige „Wasserleitung“ (*Magrâ*) (Fig. 95) ist eine viereckige Röhre, die auf dem Deckel des *Kail* und dem Deckel *II* (*Barbach*) angebracht wird. Sie hat ein Loch nahe an ihrem Ende oberhalb dem Loch im Deckel des *Kail*. Man lötet diese Wasserleitung in der Mittellinie des Deckels des *Kail* auf. Rund um sie bringt man einen Klotz an, der sie davor bewahrt, dafs sie sich loslöst. An ihrem anderen Ende befindet sich ein zweites Loch, durch das das Wasser in den Deckel *II* (*Barbach*) hinabsteigt.

Der Deckel *II* (*Barbach*) (Fig. 96 und 97). Man nimmt ein rundes Blech (*a*, Fig. 97), etwa von der Gröfse des Querschnittes des *Rubʿ* (*r*), auf ihm bringt man einen nach unten gehenden Kragen (*b*) (*Ṭauq*) an, etwa von der Länge eines Daumengliedes, unter ihn schiebt man nun das obere

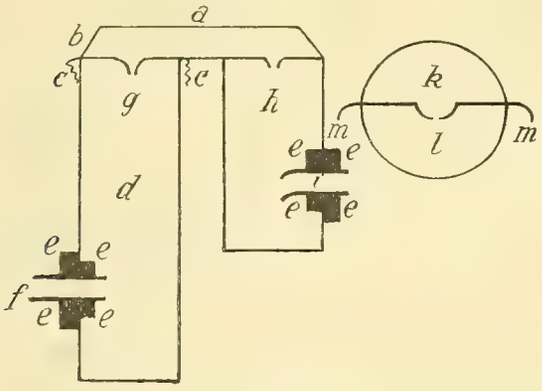


Fig. 96.

Es steht bei *a*: das viereckige Rohr; *b*: der Deckel (*Barbach*); *c*: der Vorsprung (*Faras*); *d*: der *Rubʿ*; *e*: Klotz; *f*: die weibliche Röhre; *g*: Ende des *Rubʿ*; *h*: der *Kail*; *i*: die Röhre *I al châbûṭî*; *k*: der Deckel (*Barbach*) für sich; *l*: die Mündung (*Fam*) des Deckels; *m*: *Faras*. — Die Zeichnung rechts ist nicht perspektivisch gezeichnet.

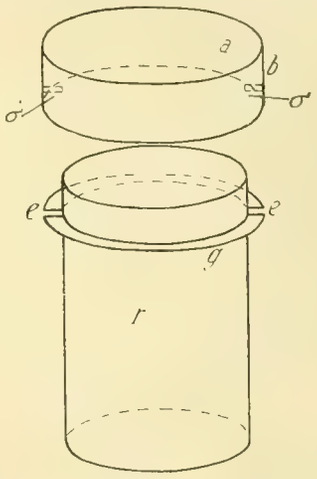


Fig. 97.

Diese Figur findet sich nicht im arabischen Original und gibt nur ein Bild der Verbindung von Deckel und *Rubʿ*, aber nicht von den Einzelheiten des Deckels.

Ende des *Rubʿ*. Der Kragen bildet gleichsam einen Sims (*Ifrîz*). An beiden Seiten des Kragens lötet man sorgfältig nach innen vorn und hinten zwei einander gegenüberstehende Stifte (σ σ) (*Faras*) an, die den Stiften an dem Astrolab oder an der Büchse (*Magmaʿ*) der Augenärzte gleichen.

(Wie diese Stifte zur Verbindung des Dekels *II* mit dem *Rubʿ* dienen, wird später geschildert; es entsteht eine Art Bajonettverschlufs.)

In die Mitte des Deckels *II* bohrt man ein weites Loch, das unter das Loch der „Wasserleitung“ zu stehen kommt, so dafs das Wasser aus letzterer in ersteres tritt. An diesem Loch lötet man an den Deckel einen viereckigen Klotz aus gegossenem Kupfer nach unten an und durchbohrt seine Mitte mit einem möglichst genau kreisrunden Loch; es ist dasjenige, in das man nachher den Vorsprung des Schwimmers mit Schmirgel einschleift. Es bildet dies Loch gleichsam einen vorspringenden zusammengezogenen Mund, in den der Vorsprung des Schwimmers eintreten kann. Der Klotz ist etwa $^1/_2$ Glied lang. Die „Wasserleitung“ lötet man dann auf den Deckel des *Kail* und den Deckel *II* und zwar Loch über Loch.

Zu beiden Seiten der viereckigen Röhre macht man in den Deckel *II* zwei Löcher, aus denen zwei Seidenfäden herauskommen, mit denen man den Schwimmer *II* im *Rubʿ* dann festbindet, wenn er die Öffnung des Deckels *II* verschliefsen soll (s. w. u.).

Der Schwimmer *II* (*ʿAwwâm*) (Fig. 98) besteht aus dünnem, gehämmertem Kupferblech; er ist hohl, ein Drittel so lang wie der *Kail* und berührt eben knapp die Wände des *Rubʿ*, so dafs er ohne Reibung herabsinkt und sich dreht. Er hat die Gestalt einer kegelförmigen (*ṣanaubarî*) Schachtel (*Ḥuqq*), ist unten breiter und wird nach oben immer schmäler. Auf ihm befindet sich ein kleinerer Kegel (*ṣanaubarîja*). Der Schwimmer soll möglichst leicht sein; sein Boden mufs genau eben sein, damit er auf dem Wasser im *Rubʿ* schwimmt. Oben trägt er einen dicken und kräftigen Vorsprung aus gegossenem Kupfer, dessen Dicke der Öffnung im Deckel *II* entspricht. Er wird wasserdicht in diese mit Schmirgel eingeschliffen. Zu beiden Seiten des Vorsprunges lötet man zwei kleine Knöpfe (*Zirra*), die mit kleinen Ringen versehen sind, an. An ihnen werden die beiden Seidenfäden befestigt, die aus den beiden Löchern des Deckels *II* hervortreten. Sie werden zu der Zeit, wo man den *Rubʿ* in den Deckel einsetzt, festgebunden, falls dann kein Wasser heraustreten soll. Denn, wenn die Fäden trocken werden und der Schwimmer in die Höhe steigt, so verschliefst der Vorsprung am Schwimmer das Loch im Deckel vollkommen. Soll das Wasser wieder austreten, so lockert man die beiden Seidenfäden. Tritt dann aus dem Mündungsstück eine bestimmte Wassermenge aus, so fliefst aus dem Loch im Deckel genau so viel Wasser nach, wobei der Vorsprung aus dem Loch im Deckel heraustritt.

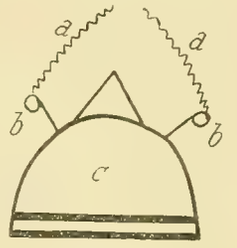


Fig. 98.

Es steht bei *a*: die Kordel; *b*: der Ring; *c*: der Schwimmer (*Awwâm*).

Das Gewicht des Schwimmers mufs auf allen Seiten gleichmäfsig verteilt sein, sonst neigt er sich und behält seine richtige Stellung gegenüber dem Loch im Deckel *II* nicht bei. Es tritt dann aus diesem mehr Wasser aus, als aus dem Mündungsstück ausfliefst, und der Überschufs fliefst an den Seiten des *Rubʿ* herab. Beim Aushämmern des Schwimmers mufs man möglichst gleichmäfsig verfahren, damit keine Stelle dicker ist als die andere. Dies beachte!

Der *Rubʿ* hat dieselbe Gestalt wie der *Rubʿ* mit dem man mifst. Er ist halb so lang wie der *Kail*, wenn er endgültig aufgestellt ist, und ebenso weit wie dieser. Er mufs soweit sein, dafs man die Hand in ihn einführen kann, um die männliche Röhre mit dem Splint aus Holz (s. w. u.) zu befestigen. Den Boden für den *Rubʿ* biegt man $^1/_2$ Glied breit um den Körper des *Rubʿ* in die Höhe und lötet ihn an.

Auf den *Rubʿ* (*r*, s. Fig. 97) lötet man in einigem Abstand von dem oberen Rand einen Ring, d. h. einen $^2/_3$ Daumenglied breiten „Gürtel“ (*g*), an, der sich unter den Kragen des Deckels *II* schieben läfst. In ihn macht man dann in der durch die Ausflufsöffnung gelegten Ebene rechts und links zwei Einschnitte (*e*) (*Ḥazz*). Der Gürtel soll nun von dem oberen Rand soweit abstehen, dafs, wenn man die Einschnitte (*e*) über die Stifte (*σ*) am Kragen des Deckels schiebt, dann den *Rubʿ* dreht und ihn gleichsam am Deckel aufhängt, zwischen dem oberen Rand des *Rubʿ* und dem unteren des Deckels bzw. den am Deckel befindlichen Löchern ein Zwischenraum bleibt. Bei einer Drehung des *Rubʿ* um 90 Grad, nach dem man ihn eingesetzt hat, liegt dann das Mündungsstück in der Richtung des Hauptbehälters. Die Drehung des *Rubʿ* an dem Kragen des Deckels soll gut, leicht und ohne zu Schleudern erfolgen.

Die ganze Anordnung soll der Büchse der Augenärzte ähnlich sein.

Ist der „Gürtel“ zu tief angelötet, so dafs der Rand des *Rubʿ* den Deckel berührt, so macht man ihn los und lötet ihn höher an.[1])

Die Säule für den *Rubʿ* ist eine Säule aus starkem Holz, genau wie bei dem *Kail*. Ihre Länge entspricht dem Abstand des Bodens des *Rubʿ* von dem Fufsboden. Oben und unten sind kreisrunde Bretter aus hartem Holz aufgenagelt, die dann zwei Grundflächen bilden; die eine steht auf dem Boden, die andere unter dem *Rubʿ*. Man macht ferner einen Keil (*Isfîn*), den man unter die Säule schiebt. Durch ihn kann man eine gute Verbindung zwischen *Rubʿ* und Deckel herstellen und ersteren zu letzterem emporheben. Er sorgt dafür, dafs die Stifte am Kragen infolge des Gewichtes des *Rubʿ* nicht gezerrt und gelockert werden, und dafs der Gürtel des *Rubʿ* sich von diesem nicht loslöst. Er sorgt auch für ein sicheres Stehen.

Vom Boden des *Rubʿ* nach oben mifst man dann eine Strecke von 2 F. ab, bohrt genau unter einem der beiden Schlitze des „Gürtels“ ein weites viereckiges Loch und bringt in ihm an:

Die weibliche Röhre, sie heifst so, weil in sie die Röhre eintritt, die sich an der Platte des Mündungsstückes befindet, diese heifst die männliche Röhre.

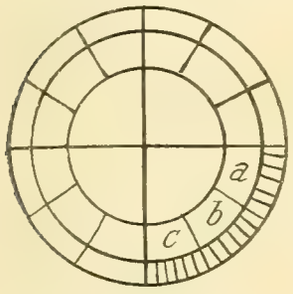


Fig. 99.

Es steht bei *a*: die Zwillinge; *b*: der Stier; *c*: der Widder.

Der Teller der Tierkreiszeichen (Fig. 99)[2]) (*Sînîja al Burûg*) gleicht einem Teller mit nach aufsen umgebogenem Rand und ebenem Boden. Er ist $^2/_3$ oder mehr Glieder tief; in ihn legt sich die Platte des Mündungsstückes so genau passend ein, dafs sie nicht wackelt. Den Teller teilt man durch zwei sich schneidende gerade Linien, die durch den Tellermittelpunkt gehen. Der Rand wird durch sie in vier gleiche Teile geteilt. Jeden Teil teilt man in drei gleiche Teile und bezeichnet einen jeden mit dem Namen eines Tierkreiszeichens. Den Widder schreibt man oberhalb der Linie, die von rechts nach links geht. Die anderen Tierkreiszeichen werden genau so wie in der Figur angegeben, eingetragen.

[1]) Die Beschreibung ist im obigen gegen das Original wesentlich gekürzt; sie ist sehr umständlich an mehreren Stellen gegeben. Es fehlt eben die perspektivische Zeichnung.

[2]) Die Figur im Text ist nicht richtig gezeichnet. In der hier mitgeteilten sind nur für drei Tierkreiszeichen die Unterabteilungen eingetragen. Die Namen sind fortgelassen.

„Der Widder“ steht unmittelbar oberhalb der erwähnten Linie, „der Krebs“ links von der vertikalen Linie, „die Wage“ unterhalb der Linie, oberhalb deren man den Widder setzte, und „der Steinbock“ rechts von der vertikalen Linie, auf deren linker Seite „der Krebs“ steht. Dies sind die Tierkreiszeichen der vier Umkehrungen[1]) (*Inqilâb*).

Nachdem man den Kreis für den Zodiakus gezogen, zeichnet man eine Linie zwischen ihm und dem Rand des Tellers und teilt jeden der 12 Teile durch sechs eingravierte Linien;[2]) sie sollen gut sichtbar und vertieft sein, damit sie nicht im Laufe der Zeit und bei vielfacher Benutzung verwischt werden. Zwischen je zwei Tierkreiszeichen, d. h. am Ende des einen und am Anfang des nächsten macht man einen längeren Strich, der den Anfang bzw. das Ende der Tierkreiszeichen kennzeichnet.

Die Einteilung in sechs Teile gestattet das Mündungsstück jeden fünften Tag um einen Teil vorwärts zu drehen; es durchläuft dann ein Tierkreiszeichen vollständig mit sechs Vorrückungen während eines Monates von 30 Tagen.

In der Mitte des Tellers macht man für den Klotz, der die weibliche Röhre bildet, ein viereckiges Loch und lötet das vorstehende Ende der weiblichen Röhre an den Teller; man läfst es dabei etwas über die Ebene der Vertiefung des Tellers hervorstehen, um die männliche Röhre einzuschleifen[3]) (s. w. u.).

Unserem Versprechen gemäfs wollen wir den Vorzug dieses vollständigen Kreises gegenüber dem von Archimedes benutzten Halbkreise darlegen. Bei dem vollkommenen Kreise werden die Stunden des Tages und der Nacht entsprechend (in ihrer Länge) verändert, indem man das Mündungsstück an eine Stelle dreht, die der ursprünglich zu einer dieser Zeiten eingenommenen gerade gegenüberliegt; daher entspricht der Ausflufs des Wassers jeweilig der betreffenden Zeit. Das ist bei dem Halbkreise nicht möglich, da dort den einzelnen Tierkreiszeichen keine solchen gegenüberliegen, bei denen das Wasser in richtiger Weise austreten würde. Das beruht nun auf Folgendem: Steht die Sonne in den Zwillingen und ist das Mündungsstück bei Tage nach oben gestellt, so fliefst sehr wenig Wasser aus, entsprechend der Länge des Tages zu dieser Zeit, dreht man in der Nacht das Mündungsstück nach der gegenüberliegenden Stelle, nämlich dem Schützen, so fliefst viel Wasser aus, entsprechend der Dauer der Nacht zu dieser Zeit. Es entsprechen sich also Länge des Tages und geringe ausfliefsende Wassermenge einerseits und Kürze der Nacht und grofse ausfliefsende Wassermenge andererseits. — Dies ist aber richtig nur bei dem vollkommenen Kreis der Fall, wo jedem Tierkreiszeichen eines gegenübersteht.

Bei dem Halbkreis kommen die einander gegenüberliegenden Tierkreiszeichen nahe aneinander zu stehen und der Ausflufs des Wassers ist bei allen nahezu der gleiche;

[1]) Die *Inqilâb* bedeuten nach Dozy und in wörtlicher Übersetzung die Umkehrpunkte, die Solstitien, von denen es aber bekanntlich nur zwei gibt.

[2]) Es sind hier die verlängerten Linien am Ende eines jeden Tierkreiszeichens mit gerechnet.

[3]) Über die Länge der weiblichen Röhre und den Abstand des Tellers von dem *Rubʿ* läfst sich an dieser Stelle nichts genaues aus dem Text entnehmen (vgl. w. u.), ebensowenig über die Art der Befestigung der weiblichen Röhre im *Rubʿ*. Aus einer Abbildung ersieht man, dafs diese wahrscheinlich die gleiche ist, wie die der Röhre *II* (*al châbûṭî*) im *Kâil*. Die Angabe „Zwischen dem Teller und dem *Rubʿ* ist ein Raum von 3 Gliedern, von diesem Klotz an“, oder „für die Stelle, auf die Blei gegossen wird, ist $^1/_2$ Glied“, läfst sich kaum zur Erklärung verwenden.

das ist aber von grofsem Nachteil. Der Ausflufs des Wassers ist daher bei dem Halbkreis nicht richtig geregelt. Versuch und direkte Beobachtung haben das, was ich gesagt habe, bestätigt.[1])

Die weibliche Röhre. Man macht einen viereckigen Klotz aus gegossenem Kupfer und bohrt in ihn ein rundes weites Loch von der Weite des Daumengliedes bzw. etwas weniger. Wir haben erwähnt, dafs das Loch in dem Teller viereckig ist, damit man ihm den viereckigen Klotz genau einpassen kann. Der Klotz mufs so lang sein, dafs, wenn man ihn in den Teller eingepafst hat und er dessen Boden parallel ist, er über ihn im Innern des viereckigen Loches[2]) um ein Daumenglied hervorragt. Zwischen dem *Rubʿ* und dem Teller ist ein leerer Raum von $^1/_2$ Glied. Den Klotz lötet man in das viereckige Loch in dem *Rubʿ* sowie in das in dem Teller des Tierkreises. In dem über den Teller hervorragenden Stück befestigt man die weibliche Röhre.[3]) Die Seiten des Klotzes sind ein Daumenglied lang. Sein Loch machen wir möglichst kreisrund. *Rubʿ*, Teller und weibliche Röhre bilden so einen einzigen Apparatteil.

Umkreis des Tellers, dessen Weite und Lage. Der Kreis der Höhlung des Tellers mufs dem untersten Teil des *Kail* parallel stehen, so dafs, wenn das Mündungsstück seine höchste Stelle hat, es dem unteren Ende der Röhre *I* parallel steht, aus der das Wasser des Hauptbehälters ausfliefst. Macht man ihn gröfser, so liegt ein Geheimnis vor (d. h. es treten unerklärliche Schwierigkeiten auf). Ich hatte ihn nämlich gröfser gemacht, da krümmte er sich wegen seiner Gröfse. Die Platte (*Ṣafîḥa*) des Mündungsstückes besafs Erhöhungen und Vertiefungen. Das Wasser flofs aus dem Zwischenraum zwischen der männlichen und weiblichen Röhre aus. Drehte ich die Platte in dem Teller, so kratzte sie, da Platte und Teller einander nicht parallel waren, das Wasser tropfte herab und das Werk kam in Unordnung. Daher mufste ich den Teller verkleinern und dementsprechend seine Platte. In diesem Falle blieb sie im Laufe der Zeit unverändert in ihrer Lage, krümmte sich nicht und erlitt keinen Schaden. Die Platte blieb stets richtig im Teller infolge der guten Verbindung und des Fehlens von Erschütterungen [infolge des Anstreifens]. Der verkleinerte Teller nahm die Gestalt einer Schachtel an und seine Verbindung mit der Platte war eine sichere.

Wenn man die Teilung des Tierkreises und diejenige von dessen Teilen vornimmt, so ist es zweckmäfsig, wenn man auf den Anfang eines jeden Teiles ein Lineal legt und längs dieses eine Linie zieht; diese zieht man auf der anderen Seite nach dem gegenüberliegenden Punkt aus, damit alle Teile untereinander gleich sind und die einander gegenüberliegenden einander entsprechen.

Die Platte (*Ṣafîḥa*) des Mündungsstückes. Man hämmert eine Platte aus rotem Kupfer, macht ihre Fläche auf beiden Seiten vollkommen eben, schneidet aus ihr einen Kreis, den man ein wenig gröfser als die Vertiefung im Teller des Tierkreises macht. Auf ihn lötet man einen Ring, der sich umgekehrt in die Vertiefung

---

[1]) *Gazarî* hat die Einstellung des Mündungsstückes noch feiner ausprobiert.

[2]) d. h. wohl: auf der dem *Rubʿ* zugekehrten Seite des Loches.

[3]) Im zweiten Abschnitt heifst es: den Klotz auf dem Teller bildet die weibliche Röhre selbst, seine Achse ist deren Loch; seine viereckigen Seiten sind mit dem Teller verlötet. Sein anderes Ende dringt in den *Rubʿ* ein. Der Klotz befindet sich also zwischen *Rubʿ* und Teller und ist mit beiden verlötet.

des Tellers einsetzt, und zwar lötet man ihn auf den Rand der Platte so auf, dafs er von ihrem Umfang um einen Betrag absteht, der dem Unterschied zwischen der Gröfse der Höhlung des Tellers und der Gröfse der Platte entspricht. Dieser Ring mufs genau passend in den Teller hineingehen, so dafs kein Spielraum vorhanden ist und er sich doch leicht bewegt. Der Ring soll so lang sein, wie der Teller tief ist, so dafs sein Rand bis an den Boden des Tellers reicht[1]) und andererseits die Platte über den Rand des Tellers um ein Gerstenkorn oder weniger vorsteht. Das alles hat den Zweck, eine so vortreffliche Verbindung zwischen dem Teller und der Platte herzustellen, dafs kein Wasser heraustropft und dafs die Platte sich in dem Teller leicht ohne Erschütterung und Schwierigkeit dreht.

Die männliche Röhre. Es ist eine runde Röhre aus gegossenem Kupfer; ihr Umfang ist gleich dem Loch der weiblichen Röhre, in das sie mit Schmirgel so gut eingeschliffen ist, dafs zwischen beiden kein Tropfen Wasser hervortropft. Man lötet sie auf die Mitte der Platte senkrecht auf. Ihre Länge ist so bemessen, dafs sie, wenn sie in die weibliche Röhre eingesteckt wird, über diese hinaus $^1/_2$ Glied in den *Rubʿ* hineinreicht. In die männliche Röhre wird ein Schlitz gebohrt, der durch und durch geht; man verlängert ihn nach der Seite zu, welche sich innerhalb der weiblichen Röhre befindet. Ein Schlitz von dieser Beschaffenheit, der zum Teil in dem aufserhalb der weiblichen Röhre gelegenen Teile sichtbar ist, teils aber unsichtbar ist, hat den Vorteil, dafs, wenn man in ihn einen Splint aus Holz[2]) steckt, er die männliche Röhre mit der weiblichen verbindet und verhindert, dafs sie ihre Lage ändert, wenn das Wasser mit seiner Gewalt darauf stöfst. Ich habe den Schlitz länglich gemacht, damit der Splint, wenn er durch Abhobeln gleichsam die Gestalt eines dünnen breiten Zahnes eines Kammes angenommen hat und in den Schlitz gesteckt ist, er dieselbe Gestalt wie dieser hat und kein Hindernis [für das strömende Wasser] bietet. Wäre der Splint dagegen kreisförmig, so würde er das Rohr verschliefsen und dem Wasser, wenn es aus ihm austritt, ein Hindernis bieten.

Ich habe einen Teil dieses Schlitzes sichtbar und einen Teil in der weiblichen Röhre verborgen angeordnet; dann liefert der Splint eine gute Verbindung der beiden Röhren, was nicht der Fall ist, wenn zwischen der männlichen Röhre und dem Klotz irgend ein Zwischenraum ist. Für den Fall, dafs die männliche Röhre dünner und die weibliche Röhre weiter wird und zwar dadurch, dafs erstere sich in letzterer dreht, ist der Spalt vorhanden und wenn in diesem Fall die männliche Röhre tiefer eindringt, so hilft der Spalt (der Splint rückt nach).

All dies hat den Zweck, die Verbindung zwischen dem Teller des Tierkreises und der Platte des Mündungsstückes möglichst gut zu machen, damit sie nicht erschüttert wird und das Wasser nicht ausfliefst.

[1]) Der Rand darf nicht ganz bis zum Tellerboden reichen, da sonst ein Nachziehen mittels des Splintes in der männlichen Röhre nicht möglich ist (s. w. u.).

[2]) Im zweiten und vierten Abschnitt wird die Benutzung des Holzes folgendermafsen begründet: Ich habe ihn aus Holz deshalb gemacht, weil dessen Volumen durch das Wasser zunimmt und er so die Röhre besser festhält, wenn man die Platte, auf der sich das Mündungsstück befindet, dreht. Besteht der Splint aus Kupfer, so geht er der Erfahrung gemäfs, wenn man dreht, heraus, reibt an dem Loche und erweitert es. Die Erfahrung erfordert also diese Wahl [des Holzes].

Vor ihrem äufseren Ende bohrt man [senkrecht zu ihrer Achse] in die männliche Röhre ein Loch, um die umgebogene Röhre einzusetzen. Das [innere] Ende der männlichen Röhre macht man dünner und das an die Platte anliegende allmählich dicker, damit, falls sie durch die Umdrehung in der weiblichen Röhre und dadurch, dafs diese weiter wird, sich lockert, in letztere ein so dickes Stück der männlichen Röhre eintritt, dafs es die weibliche vollkommen verschliefst.

Die umgebogene Röhre[1]) (*mu'awwag*). Sie ist so lang wie der halbe Durchmesser der Platte oder um die Dicke der männlichen Röhre kürzer, ferner ist sie weiter als diese. Durch ihr Ende an der Öffnung der männlichen Röhre tritt das Wasser ein. Nahe an dem anderen Ende befindet sich in der Wand ein Loch gegenüber dem Loch in der Platte. Die männliche und die umgebogene Röhre werden fest verbunden. Auf die umgebogene Röhre wird Blei gegossen, um sie auf der Platte des Mündungsstückes zu befestigen. Die männliche Röhre steht dann senkrecht auf der Platte in deren Achse und die umgebogene Röhre bildet gleichsam einen Radius, der auf der Scheibe mit seiner inneren Seite aufgelötet ist. Ein Ende geht in die männliche Röhre über, so dafs das Wasser in die umgebogene Röhre austreten kann; am anderen Ende tritt das Wasser in die Röhre des Mündungsstückes. In die Platte des Mündungsstückes bohrt man gegenüber dem Loch in der umgebogenen Röhre ein weites Loch, in dem dann die Röhre des Mündungsstückes befestigt wird. Es ist diese eine kurze Pfeife (*Saffâra*) von der Länge eines Daumengliedes. Die Pfeife ist weiter als das Loch in der Platte, damit in ihr eine Art von Gesims übrig bleibt, auf das dann das Mündungsstück aufgelegt wird. Man kann auch innerhalb der Pfeife einen kreisförmigen Ring (*Zîk*) anbringen, auf den sich das Mündungsstück aufsetzt. Mache dies so, wie es Dir pafst!

Das Mündungsstück setzt man dann innerhalb der Pfeife auf das Loch. Zur Befestigung stopft man ringsherum und darüber Wachs. Diese Pfeife lötet man gut an, damit zwischen ihr und der umgebogenen Röhre kein Wasser heraustropft.

Die umgebogene Röhre[2]) mufs weit sein, damit das Wasser in ihr nicht dick wird, sie nicht durch Ton verstopft wird und das Wasser in ihr gut in die Höhe steigt, wenn das Mündungsstück nach oben gedreht ist.

Ich habe all diese Vorschriften über das Löten usw. nur deshalb gegeben, weil ich selbst einmal die Sache verdorben hatte und es mir schwer wurde, sie wieder in Ordnung und in den früheren Zustand zu bringen. Man mufs daher von vornherein alles sorgfältig ausführen, damit keine Störungen eintreten, bei denen man den Apparat nicht wieder in Ordnung bringen kann. Das erreicht man durch das Verzinnen aller

---

[1]) Im folgenden scheint ein Widerspruch vorhanden zu sein. Ist die umgebogene Röhre um die Dicke der männlichen Röhre kürzer als der Radius der Platte, so mufs sie seitlich an letzterer angelötet sein, dann kann sie aber nicht gut weiter sein.

[2]) Es ist zu beachten, dafs die umgebogene Röhre nicht auf der Aufsenseite der Platte des Mündungsstückes aufgelötet ist, sondern auf ihrer Innenseite; dann ist der Text verständlich. Auch gibt dies *Gazarî* für seine Uhr an (s. S. 69). Der von *Gazarî* dort (s. S. 67—69) beschriebene *Dastûr* gleicht im wesentlichen so sehr der hier von *Riḍwân* angegebenen Ausflufsvorrichtung, dafs die in Fig. 26 von uns gegebene Rekonstruktion des *Dastûr* auch zur Erläuterung der Vorrichtung *Riḍwâns* dienen kann. Es wurde deshalb von einer gesonderten Rekonstruktion der letzteren abgesehen.

Teile von innen und von aufsen. Bestehen alle aus rotem Kupfer, so gehen die Röhren und die Klötze nicht zu grunde. Ferner darf das umgebogene Rohr nicht beträchtlich weiter als notwendig sein, damit, wenn das Mündungsstück auf die tiefste Stelle gestellt wird, nicht mehr als nötig ausfliefst.

Die Zeiger (*Murî*) des Mündungsstückes. Man nimmt einen schmalen Streifen aus rotem, verzinntem Kupfer, der am Ende wie der Zeiger des Astrolab zugespitzt ist. Sein spitzes Ende bringt man genau gegenüber dem Loch des Mündungsstückes an,[1]) damit es gegenüber der Austrittsstelle des Wassers aus der Mündung steht. Man lötet den Zeiger an die Platte des Mündungsstückes, so dafs er dessen Röhre berührt. Man macht dann noch einen dem ersten Zeiger genau gegenüberstehenden gleichen Zeiger. Man erreicht dies, indem man eine gerade Linie zieht und das Ende des einen Zeigers auf ihr eines, das des anderen auf ihr anderes Ende bringt. Dies ist der Zeiger, den ich hinzugefügt habe; wie grofs sein Nutzen ist, wirst Du noch erfahren!

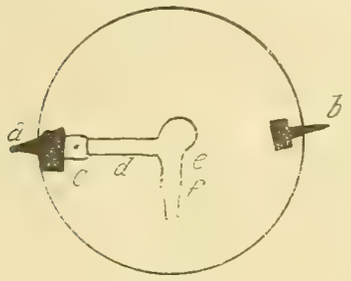


Fig. 100.

Es steht bei *a*: der Zeiger des Mündungsstückes; *b*: der Zeiger der gegenüberliegenden Stelle (*Nazîr*); *c*: das Rohr des Mündungsstückes; *d*: das umgebogene Rohr; *e*: das männliche Rohr; *f*: das Loch des männlichen Rohres, in dem der hölzerne Splint angebracht wird, der es im Innern des *Rubʿ* festhält.

Die Fig. 100 gibt die Platte des Mündungsstückes, die männliche, sowie die umgebogene Röhre, die beiden Zeiger, das Loch der männlichen Röhre sowie alles, was wir über die Konstruktion gesagt haben.

Auf die Achse der Platte des Mündungsstückes lötet man aufsen einen gebogenen Stab (*Mil*) aus gegossenem Kupfer, der als Handhabe beim Drehen der Scheibe in dem Teller dient. Hat man das eben geschilderte vollendet, so fliefst das Wasser aus dem Hauptbehälter in die Röhre *I* (*châbûtî*), tritt aus ihr in den *Kail*, steigt in diesem durch das Loch in die viereckige Röhre, geht durch diese und tritt von ihr in den Deckel *II*, aus ihm sinkt es in den *Rubʿ* herab, tritt dann in die männliche Röhre, die sich in der weiblichen Röhre befindet, dann biegt es in die gebogene Röhre, von ihr fliefst es in das Rohr des Mündungsstückes und tritt endlich aus dem Mündungsstück aus.

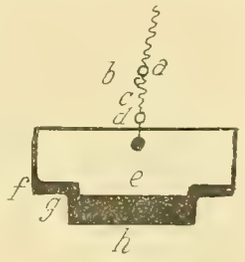


Fig. 101.

Es steht bei *a*: Ring der Kette; *b*: Haken; *c*: Ring; *d*: Kettenglied (*Zarada*) Ring; *e*: eingegossenes Blei; *f*: die eingedrückte Stelle; *g*: deren tiefste Stelle; *h*: der unterste vorspringende Teil des Schwimmers.

Der (*Ṭafâf*) Schwimmer *I* im Hauptbehälter[2]) (Fig. 101), gleicht der *Muqaddama*, in die die Frauen zur Zeit der Geburt Räucherwerk legen. Seinen Boden macht man

[1]) d. h. auf demselben Radius der Platte wie das Mündungsstück.

[2]) Im zweiten Abschnitt heifst es: Der *Ṭafâf* ist die Vorrichtung, die auch *Dabba* (nicht mit *Ḍabba* zu verwechseln) und *Muqaddama* heifst. Sie gleicht der *Muqaddama*, in welcher die Frauen die zum Räuchern dienenden Wohlgerüche, die Myrte und die Arzneimittel für die Geburt vereinen. — In den Wörterbüchern findet sich weder für *Ṭafâf* noch für *Muqaddama* (wörtlich das Hingestellte) eine hierher passende Bedeutung. Nach einer freundlichen Mitteilung von Prof. Cheikho in Beirut bedeutet es „une toilette“, nach dem Unterdirektor

genau eben und gleichförmig. Seine unterste Fläche besteht aus zwei Teilen, nämlich zwei Kreisen, von denen der eine sich unterhalb des anderen befindet.[1]) Der gröfsere steht zurück und der kleinere ragt vor; der gröfsere umgibt dabei den kleineren. Der letztere ist es auch, der die Wasseroberfläche berührt. Man macht demnach den untersten Teil des Schwimmers hohl und ein Teil seiner Bodenfläche ragt über die übrige Fläche hervor. Dieser ist es, der mit der Wasserfläche in Berührung steht. Vermindert sich das Wasser, so sinkt der Schwimmer *I* und zieht an den Ketten (*Silsila*).[2]) In die Höhlung, diese liegt über dem kleinen Kreis nach innen, füllt man Blei, das man schmilzt und auf dem ganzen kleinen Kreis gleichmäfsig verteilt, so dafs keine Stelle schwerer als eine andere ist. Das Blei möge 5 *Raṭl* (s. oben) wiegen. Man mufs es gleichmäfsig gieſsen, damit der Schwimmer sich nicht nach einer Seite mehr als nach einer anderen neigt, denn das Sinken im Wasser mufs genau sich selbst parallel erfolgen.

Der Umfang des Schwimmers mufs kleiner als derjenige des Hauptbehälters sein, damit er in diesem herabsinken kann. Seine Höhe soll 4 geöffnete F. (d. h. $^2/_3$ Sp. s. oben) betragen.

Auf den Schwimmer wird ein Deckel gelötet. Vorher hat man in dessen Mitte einen Knopf angelötet, der von aufsen nach innen durchgeht. Er ist innen sorgfältig verlötet. An dem Knopf bringt man einen kräftigen Ring und an diesem einen kräftigen dicken Haken an, dessen in dem Ring befindliches Ende zusammengebogen und befestigt ist. Das andere Ende ist zu $^2/_3$ eines Kreises zusammengebogen, um an ihm die Ketten anzuhängen.

---

der vizeköniglichen Bibliothek *Muḥammed al Biblâwî* ist *Ṭafâf* ein Gefäfs mit flachem Boden, etwa von der Gestalt eines Nachttopfes ohne Boden.

Herr Dr. Meyerhof meint, *Ṭafâf* könnte ein Ventil sein, das den Dampftopf verschliefst, der im Zimmer der gebärenden Frauen aufgestellt wurde; vielleicht ist es eben dieser Dampftopf.

[1]) Aus der Figur wird diese etwas umständliche Schilderung klar.

[2]) *Silsila* ist mit Kette übersetzt. Die Ketten sind in Abschnitt II im Zusammenhang folgendermafsen behandelt:

Die Kette des Tages ist die Kette, an der das Seil befestigt ist, das um das Rad (*Daulâb*) des Tages gewickelt ist. An dem Ende, das an dem Haken befestigt wird, befindet sich ein Ring, den man in den Haken einhängt.

Die beiden Ketten der Stunden der Nacht und der Sonne sind die beiden Ketten, die mit den beiden Enden desjenigen Seiles verbunden sind, das über dem vollständigen Kreis (s. w. u.) der Nacht aufgewickelt ist und das auf dem Nagel, der sich auf dem vollkommenen Kreis der Nacht befindet, befestigt ist. Die eine dieser Ketten wird bei Tage benutzt und bewegt die Stunden der Sonne. [Die andere bei Nacht und bewegt den Halbkreis der Nacht.] An der [jeweils freien] anderen Kette befindet sich stets ein Gegengewicht (*Mutqila*) und zwar bei Tage ein leichtes, um die Hälfte des nächtlichen Kreises auszugleichen, der durch seine Umdrehung die Stunden der Sonne in Umlauf setzt, und bei Nacht ein schweres, um den Halbkreis der Nacht auszugleichen. —

Hierzu sei bemerkt: Dafs am Tage durch ein leichtes, bei Nacht dagegen durch ein schweres Gegengewicht auszugleichen ist, ergibt sich daraus, dafs der Halbkreis der Nacht, welcher in der Nacht die Scheiben enthüllend sich nach abwärts dreht und dabei durch sein eigenes Gewicht diese Bewegung unterstützt (daher grofses Gegengewicht), sich am Tage wieder nach aufwärts bewegt, wobei sein Gewicht der Drehung entgegenwirkt (daher kleines Gegengewicht, jedenfalls nur zum Spannen des Seiles, vgl. w. u.).

Wird das Ganze in Gang gesetzt, so mufs man den Schwimmer beobachten. Ist er zu leicht, so kann er die Instrumente nicht so ziehen, wie es nötig ist; man mufs dann den Deckel öffnen und Blei hinzufügen. Ist er zu schwer, so mufs man etwas Blei fortnehmen. Dies und das Gegengewicht (*Mutqila*) der Nachtstunden mufs man wohl erwägen, wie wir dies ausführen werden.

Dafs der Schwimmer leer ist, bezweckt, dafs er auf der Oberfläche des Wassers schwimmt und nicht untersinkt. Ist er bis ganz unten gesunken und will man dann die einzelnen Apparatteile an ihm anhängen, so gieſst man Wasser ein. Hat dieses den obersten Teil des Behälters erreicht, so steigt der Schwimmer bis an die Oberfläche des Wassers, ohne dafs man irgend eine Mühe darauf verwenden mufs. Das Eingieſsen des Bleies in die Höhlung des *Ṭafâf* bezweckt, dafs er als Transportmittel die einzelnen Teile des Instrumentes zieht. Er vereinigt daher Leichtigkeit und Schwere.

Sind alle Apparate fertiggestellt, so wird der Ausflufs des Wassers daraufhin geprüft, ob der Hauptbehälter voll Wasser ist, ob der Deckel *II* durch den Schwimmer verschlossen wird, die Fäden über dem viereckigen Rohr zusammengebunden sind, so dafs kein Tropfen Wasser heraustropft. Tritt etwas aus, so mufs der Schwimmer erneut in die Öffnung des Deckels *II* eingeschmirgelt werden. Tropft dann kein Wasser mehr heraus, so setzt man den *Rubʿ* an und verbindet ihn gut und fest mit dem Deckel *II*. Dann öffnet man diesen durch Nachlassen der Fäden und Herablassen des Schwimmers, damit das Wasser aus der Pfeife des Mündungsstückes austreten kann. Geschieht das in reichlicher Menge, so ist alles in Ordnung, tritt es aber nur schwach aus, so pafst die Pfeife nicht und man macht eine andere.

Wisse, dafs das, was im Feuer gelötet ist, einer Zerstörung, einer Trennung und einem Austropfen des Wassers zuverlässigen Widerstand leistet. Daher löte alles, wo es möglich ist, im Feuer, wie das die Klempner tun. Ich sah nämlich die [anderen] Lötstellen und diejenigen, auf die Blei gegossen ist, im Lauf der Zeit sich im Wasser in Asche verwandeln und sich öffnen. Man mufs an diesen Stellen sehr viel Blei verwenden. Es sind dies die Teile des Hauptbehälters, die Lötstellen der Röhre *I* in dem *Kail* und dem Hauptbehälter, die des Bodens des *Kail*, der viereckigen Röhre, des Deckels *II*, des *Rubʿ* und dessen Boden. Ich fand, dafs an all diesen Stellen sich das Lot löste; zu dessen Reparatur bedurfte es viel Mühe. Trotzdem trat nach kurzer Zeit der Schaden wieder auf. Kann man etwas nicht im Feuer löten, so pafst man einen Teil auf den anderen und gieſst Blei dazwischen. Darauf verwende die allergröfste Aufmerksamkeit! Hier ist nicht die Schönheit der Gestalt mafsgebend, sondern dafs alles fest und gut verlötet ist.

Hat man das alles vollendet und alles richtig gefunden und einige Tage beobachtet, um etwaige Fehler und Undichtigkeiten zu finden, so macht man den Hahn (*Batjûn*). Er ist eine Röhre ähnlich der Röhre *I* (*al châbûṭî*). Man macht dann noch eine gegossene massive Röhre, die in die erste Röhre hineingeht und sie verschliefst; sie hat dieselbe Gesamtlänge wie die erste und ragt über sie noch um ein Glied hervor. Mit der äufseren Röhre verfährt man, wie bei der weiblichen Röhre. Dann schleift man die massive Röhre in die äufsere ein. Das Ende der äufseren Röhre, das in die massive Röhre eintritt, biegt man nach oben um, damit letztere in ihr festsitzt. An der massiven Röhre und an der äufseren Röhre bringt man kleine Ringe an, zwischen denen Seidenfäden ausgespannt werden, so dafs das Wasser die massive Röhre nicht

aus ihrer Lage treiben und selbst austreten kann.[1]) Man kann auch die offene Röhre als Schnecke ausbilden und ebenso die massive.[2]) Man mufs grofse Sorgfalt bei deren kunstvoller Herstellung verwenden, damit kein Wasser austritt. Das ist aber deine Sache!

An dem Ende der verschlossenen Röhre lötet man einen Stab (*Mîl*) aus Kupfer an, an dem man anfafst und dreht.

Als Unterlage für den Hauptbehälter dient ein möglichst ebener Stein. Der Ort, an dem man den Hauptbehälter aufstellt, mufs hoch liegen und vor ihm eine tiefe Stelle sein, da der *Kail* und der *Rubʿ* tiefer als er stehen. Den Hauptbehälter stellt man so auf, dafs er sich an eine Wand anlehnt.

Die Fig. 93 gibt ein in die Einzelheiten gehendes Bild der für das Wasser dienenden Apparate. An jedem steht sein Name.

Wir haben an dem Ende unserer Ausführung die Dinge besprochen, die bei der Ausführung selbst zuerst kommen, und solche vorausgenommen, die hierbei zuletzt kommen; wir haben eben die Apparate nach ihrer Zusammengehörigkeit behandelt.

Hat man das alles so, wie geschildert, ausgeführt und zum Schlufs den Hauptbehälter auf der oben erwähnten Unterlage aus Stein genau senkrecht aufgestellt, so beginnt man mit der Herstellung derjenigen Apparate, die sich oben[3]) befinden.

Zunächst werden die Fundamente und das Gebäude erschütterungsfrei hergestellt; dazu macht man die Fundamente und die unteren Wände der Uhr von unten bis oben aus Stein. Ist das nicht der Fall, so ist die Uhr Erschütterungen ausgesetzt und ihre Teile lösen sich im Laufe der Zeit voneinander indem einige sich senken, andere sich heben. Sind die Fundamente aber aus Stein, so ist dies ebenso wie eine Veränderung in ihrer Gestalt ausgeschlossen.

Hierauf macht man in den Stein des Gewölbes oberhalb des Hauptbehälters genau über diesem eine Öffnung. Sie soll etwas kleiner sein als der Behälter. Ist sie nämlich enger als nötig, so beengt sie die durch die Öffnung gehenden Seile in ihrer Bewegung, so dafs diese sich ineinander verschlingen; dadurch kommt das Werk in Unordnung. Ist die Öffnung weiter als nötig, so fällt Staub hinab und ruft Störungen hervor. Die Weite soll also eine mittlere sein.

In dem Gewölbe bringt man dann ein Rohr (*Qasṭal*) an, wie man es für die Wasserleitungen verwendet; es ist dick, kräftig und glatt; letzteres, damit die Seile nicht an ihm hängen bleiben und dadurch die Schnelligkeit, mit der sie nach unten gezogen werden, vermindert wird. Da das Rohr kreisrund ist und Ecken fehlen, so kommt das Seil nicht an solche und wird nicht von ihnen festgehalten. Man wählt ein solches Rohr [aus Holz] und nicht aus Kupfer, Eisen usw., da diese letzteren Substanzen der Rost angreift und sie rauh macht. Gehen dann die Seile und Ketten an ihm vorbei, so werden sie zerschnitten und abgenützt; ist das Rohr aber glatt, so bleiben sie im Laufe der Zeit unverändert.

---

[1]) Man hat hier eigentlich nicht einen Hahn in unserem Sinne, sondern eine Röhre, in deren Öffnung ein massives Stück vertikal eingeschliffen ist; also eher eine Art Spund.

Im zweiten Abschnitt ist noch beigefügt: Will man den Behälter reinigen, so wird der Hahn gedreht und geöffnet.

[2]) Man benutzt also eine Verschraubung.

[3]) Die ganzen Wasserapparate stehen tiefer als die eigentliche Uhr, deren Teile jetzt beschrieben werden.

Das Gewölbe mufs von der Erde entsprechend der Höhe des Hauses für die Spanngewichte (*Mutqila*), auf dessen Dach sich der Schlitten mit dem Daumen bewegt, abstehen. Man gibt dazu dem Rohr (*Qasṭal*) die entsprechende Länge. Hierauf errichtet man das Fundament, auf dem die Uhr aufgestellt wird. Es soll vom Boden an bis oben aus behauenen Steinen bestehen, damit kein Teil sich mehr als ein anderer senkt oder seine Lage verändert und dadurch der Zusammenhang der Uhr gestört wird. Dann verfertigt man eine entsprechende Konsole (*Suffa*), auf der die Uhr oberhalb des eben erwähnten Fundamentes aufgestellt wird. Ihren Boden macht man aus kräftigen Brettern aus trockenem, hartem und dickem Holz, die man gut oberhalb des Fundamentes untereinander und mit dem Fundament verbindet.

Hierauf mifst man den Ort für die Uhr, nämlich die 12 Türen ab, ferner die Häuser für die Spanngewichte und die Kugeln (*Bunduq*), ihre Höhe ist gleich derjenigen des Rohres (*Qasṭal*). Die Uhr mit der Bahn des Schlittens befindet sich auf dem Dach des Hauses [für die Spanngewichte]. Man gibt diesem Haus die Gestalt eines länglichen Kühlkellers (*Sirdâb*).[1] Hierauf macht man die rechte und linke Wand des Raumes, in dem die Uhr aufgestellt wird, aus behauenen Steinen und gibt ihnen eine Höhe entsprechend der Länge der 12 Türen, die später hergestellt werden. Die Wände sollen sogar noch etwas höher sein und zwar wegen des Spanngewichtes für den Tag, das von dessen Beginn bis zu dessen Ende in die Höhe steigt. Je höher die beiden Wände sind, um so besser. Kürzer als die 12 Türen dürfen sie aber nicht sein, da sonst das erwähnte Gewicht beim Emporsteigen keinen entsprechenden Raum findet, stehen bleibt und der Schlitten sich nicht bis zum Ende der Uhr vorwärts bewegen kann (vgl. Fig. 132).

Den Raum zwischen beiden Wänden verschliefst man dann am Rande der Konsole (also vorne) durch die Wand der Uhr aus Holz (s. w. u.). In ihr bringt man die Türen an und zwar aus eben solchem trockenen, harten Holz, aus dem der Boden der Konsole gemacht ist. Die Bretter sollen 2 F. dick sein. Man mufs dafür sorgen, dafs die Bretter breit sind; das ist besonders da nötig, wo der Halbkreis der Scheiben sich befindet, der in einem einzigen Brett eingesetzt sein soll, das alle Scheiben in sich fafst. Das alles mufs man sorgfältig ausführen, die Bretter müssen eines über das andere gelagert und gut zusammengenagelt sein.

Hierauf macht man das Haus der Spanngewichte, sein Dach besteht aus einem einzigen Brett (*Daff*) von rechts nach links.[2] Es ist so hoch wie das Rohr (*Qasṭal*).

Von ihm trennt man auf beiden Seiten dieses „*Sirdâb*“ die beiden Häuser[3] für die Kugeln durch zwei Bretter aus Holz ab; die beiden Häuser sind klein und viereckig. Jedes erhält auf seiner Vorderseite eine Türe mit zwei Ringen und zwei Vorsprüngen, um sie so öffnen zu können.

---

[1]) *Sirdâb* ist in Bagdad heutzutage ein hoher, gewölbter, unterirdischer Raum, der mit einem Ventilator versehen ist. (Dozy, Bd. 1 S. 647).

[2]) Im Abschnitt II heifst es noch: Die Türe des Hauses der Gewichte ist eine Türe, die so lang ist wie das Haus der Gewichte. Sie hat drei Knöpfe und Ringe, man öffnet sie mit ihnen, wenn es nötig ist.

[3]) Es ist das arabische Wort (*Bait*) stets mit „Haus“ übersetzt; es entspricht hier unserem „Kasten“.

Dann wird die Bank (*Maṣṭaba*)[1] angefertigt, auf der das Seil des Schlittens sich befindet, und die Rollen, die für die Stunden des Tages dienen; die Bank hat dieselbe Gestalt wie eine Oberschwelle der Türe (*Uskuffa*); sie besteht aus hartem Holz oder aus Stein. Man bedeckt sie mit Holzbrettern. Sie soll 3 F. breit sein und hat den Zweck, dafs sich auf ihr das Seil des Schlittens bewegt. Je dünner sie ist, um so schöner ist sie. Sie soll so hoch liegen wie das Dach des Hauses der Gewichte, auf dem sich die Bahn des Schlittens befindet. Will man die Bank aus Brettern machen, die diese Breite haben und die auf ihren Kanten stehen, und will man sie mit den Wänden verbinden, so kann man das tun. Auf der Seite des [rechten] Hauses für die Kugeln richtet man die Bank so ein, dafs sie bis zu dem Rohr (*Qaṣṭal*) reicht. Die Bretter befestigt man aneinander, sie sollen gleichsam ein einziges Stück werden indem sie genau parallel und genau aneinander passend verbunden sind.

Dann stellt man den Träger (*ʿIḍâda*) auf, auf dem sich der Klotz für die beiden Räder (*Daulâb*) des Tages befindet, und zwar am Ende dieser Bank. Die obere Fläche der Häuser für die Spanngewichte und die Kugeln sowie das Rohr (*Qaṣṭal*) auf dem Gewölbe macht man so glatt als möglich. Hat die Wand eine unregelmäfsige Gestalt und besitzt sie Ecken, so gibt man der Bank eine entsprechende Gestalt. Man bringt dann, wie später ausgeführt wird, an den Winkeln und Vorsprüngen Rollen an, auf denen sich das Seil dreht.[2]

Dann macht man die Platte (*Ṣafîḥa*) für die Bahn (*Masâr*)[3] des Schlittens; sie ist etwas länger als das Dach des Hauses der Spanngewichte, so dafs der Anfang unter dem Schlitten am ersten Teil der ersten Stunde[4] liegt und ihr Ende am Ende der zwölften Stunde. Sie soll möglichst eben, gut zusammengepafst und glatt sein. Dann vergoldet man sie (sie besteht aus Kupfer), damit sie glatt bleibt und der Schlitten sich gut auf ihr verschiebt. Die Breite der Platte von dem Rande des Daches, das sich an die Aufsenseite der Uhr anschliefst, nach innen soll 4 oder 5 F. betragen.[5] Ihre Ränder nagelt man mit ganz kleinen Nägeln an, die sehr feine und glatte Köpfe haben, damit niemals die Maus (s. w. u.) an ihnen ein Hindernis findet.

Die Wand der Uhr, die Dir gegenübersteht (also die Vorderwand), und von der erwähnt ist, dafs sie zwischen zwei anderen Mauern aufgeführt wird, besteht, wie erwähnt, aus kräftigem, hartem, trockenem und gut poliertem Holz (*magluww*). Jedes Brett soll 2 F. (s. oben) dick sein. Dann wird der Rand jedes höher gelegenen Brettes mit dem darunter gelegenen sorgfältig verbunden, so dafs sie genau übereinander gelagert sind, wobei jedes Brett von der rechten Wand bis zu der linken reicht. Je zwei

---

[1] Zu der *Maṣṭaba* vgl. w. u. In der Ansichtszeichnung (Fig. 132) ist sie nicht gezeichnet; sie würde zwischen dem rechten Ende der Schlittenbahn und dem grofsen Rade sich einfügen.

[2] Diese Bank nebst den Rollen stützt und führt also das den Schlitten ziehende Seil vom Ende der Bahn des Schlittens bis zu den mit dem Schwimmer verbundenen Rädern des Tages und verhindert dadurch das Durchhängen des Seiles (s. w. u.).

[3] Im Abschnitt II heifst es: Die Bahn ist der freie Raum zwischen der Schwelle der Türen und der *Râqûna* (s. w. u.); auf ihm bewegt sich der Schlitten. Von der Bahn ragt ein Stück aufserhalb der Türen im Betrag von einem Glied hervor, auf dem sich ein Teil des Schlittens bewegt, der unter dem senkrechten Rand hervortritt, der ihn bedeckt.

[4] Dieses Stück liegt vor der ersten Türe (s. w. u.).

[5] d. h. die Breite quer zur Bahnrichtung genommen.

Bretter werden mit Holznägeln gut zusammengenagelt, die man zwischen ihnen anbringt, um sie in der Breite zusammenzuhalten. All das führt man möglichst sorgfältig aus, damit später keine Lockerung eintritt.

Dann macht man in diese Wand eine Öffnung, die unten an der Grenze des Daches des Hauses der Spanngewichte beginnend nach oben geht und die von rechts nach links entsprechend der Länge der zwölf Stunden reicht. Die Öffnung geht weiter hinauf als die Füllungen und die Bögen (*Qanṭara*). Von der Wand bleibt [weiter] auf jeder Seite von den Türen ein Stück frei, das etwas über 1 Sp. beträgt, dort befinden sich die auf beiden Seiten angebrachten Vögel sowie die Träger (*Ḥâmil*), die von innen und aufsen die obere und untere Schwelle (*ʿAtaba*) tragen.

Man macht diese Wand nicht gleich fest, da man sie später fortnehmen mufs, um die Stunden (Uhr) der Nacht usw. auf ihr anzubringen; dann erst macht man sie endgültig fest.

Ferner stellt man die untere Schwelle aus gegossenem Kupfer auf. Sie ist auf jeder Seite um 2 F. länger als die Türen und die Pfosten.[1]) Die überschiefsenden Stücke werden auf jeder Seite auf dem dort befindlichen Träger aufgelegt. Wie er an der Wand der Uhr angebracht wird, werden wir noch angeben. Die Breite (Tiefe) der Schwelle kann beliebig grofs sein. Oben an den Türen macht man sie breiter, da in sie die Löcher für die Türzapfen gebohrt werden, unten wo sie an die Bahn des Schlittens anstöfst, macht man sie schmal, unterschnitten (*muchaṣṣar*), so dafs eine Höhlung entsteht, in der der Schlitten, der die Türen öffnet und daher „Hahn" (Daumen) heifst, unter sie heruntertreten kann, so dafs er nicht von einem Teil der Schwelle in seiner Bewegung gehindert und beengt wird.

Auf dieser Schwelle zieht man 13 gleichweit voneinander abstehende Teilstriche für die Pfosten, die die Zwischenräume für die einzelnen Türen abgrenzen. Dann macht man die beiden Träger[2]) dieser Schwelle; es sind viereckige, dicke, eiserne Balken (*ʿAmûd*). Ihre Länge ist so grofs, dafs sie von der Aufsenseite der Uhr bis zur Innenseite[3]) reichen. Man mifst von ihnen 4 F. ab, um auf dieses Stück die Schwelle zu legen.[4]) Dann macht man auf jeder Seite der Wand der Uhr ein viereckiges Loch, so grofs wie der Querschnitt der Balken, und versenkt die beiden Balken an diesen Stellen und verlötet sie mit den Schwellen. Sie sollen soviel höher als das Dach des Hauses der Spanngewichte und der Kugeln liegen, dafs, wenn man an ihnen die untere Schwelle befestigt, sich zwischen dieser und der Bahn des Schlittens ein Zwischenraum von $^1/_2$ Glied befindet, damit sich die Platte des Schlittens in diesem bewegen kann. Hierauf teilt man den für die 13 Säulen bestimmten Zwischenraum so genau wie möglich in 12 Teile, um die 12 Türen in ihnen anzubringen.

---

[1]) Bei dieser Angabe ist wohl aus Versehen der dreizehnte Teil nicht berücksichticht.

[2]) In einem späteren Abschnitt ist angegeben: drei Träger, von denen zwei sich an den Enden, einer in der Mitte befindet. — Wie der mittlere Träger zu befestigen ist, ist nicht ganz klar. Jedenfalls kann er nicht an der Vorderwand befestigt sein, da er sonst die Schlittenbahn kreuzen müfste.

[3]) Es ist hier und im folgenden die steinerne Rückwand des Raumes gemeint, in dem die Uhr aufgestellt wird.

[4]) Das heifst wohl, man bringt die Schwelle 4 F. von den äufseren Enden der Träger entfernt auf diesen an.

Hierauf sägt man mit der Säge unten an der Wand der Uhr ein Stück aus, das von dem ersten der 12 Teile um einen Teil nach Osten[1]) zu beginnt; in ihm bewegt sich dann die Maus des Schlittens und der Daumen von Beginn des Sonnenaufgangs bis zum Ende der ersten Stunde. Man erhält so 13 Teile. Sie beginnen bei diesem Teil und endigen in der Mitte der zwölften Türe.[2]) Man erweitert mit der Säge die ausgesägte Stelle soweit, dafs der Platte mit dem Daumen kein Hindernis in den Weg tritt, bis der Daumen nach Ablauf der ersten Stunde zu dem Sperrhaken gelangt, der die erste Türe festhält, diese öffnet dann der Daumen. Wir erhalten so 13 Teile. Der erste Teil dient als Ort für den Schlitten zu Beginn des Tages und der letzte entspricht der zwölften Türe; der erste ist der über die 12 Teile überragende Teil, damit sich die aufrechte Mondsichel über ihm bewege.

Ist alles dieses sorgfältig hergestellt, so macht man die obere Schwelle[3]), die aus Eisen[4]) besteht. Man macht sie genau so lang wie die untere. Sie ist genau viereckig, ist bis zu einem gewissen Grade eben und fein, sie ist aber nicht in jeder Hinsicht der ersten Schwelle gleich.

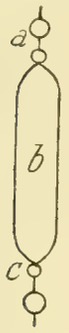


Fig. 102.

Es steht bei *a*: Einschnitt (*Fard*) der oberen Schwelle; *b*: Pfosten; *c*: Einschnitt der unteren Schwelle. — Die Originalfigur zeigt 4 Säulen; es genügt jedoch die Wiedergabe einer einzigen.

Dann macht man für sie zwei Träger[5]), die den Trägern für die untere Schwelle parallel liegen, sie sollen dieselbe Länge und Dicke wie diese haben. Man setzt sie nach innen[6]), um an ihnen die Stange für die Rohre[7]) zu befestigen. Dann macht man in die obere Schwelle Löcher, die genau über denen der unteren liegen. Bei derartigen Teilungen verwendet man den Zirkel; es darf auch nicht ein Unterschied von Haaresbreite vorhanden sein.

Die 13 Pfosten macht man aus rotem Kupfer, um auf ihnen das Gold anzubringen; nach dem Innern der Uhr sind die Pfosten flach, damit sie sich den Flächen der Türen anpassen, nach aufsen sind sie rund wie Säulen und springen über die Türen vor. In bezug auf den inneren Teil der Pfosten ist zu bemerken, dafs, wenn er sich den Flächen der Türen anpafst, er die Sperrhaken nicht daran hindert, wenn diese sich drehen, um die Türen zu öffnen; würde er aber vorspringen, so würde er dies hindern. Dann dreht man die Spitzen der Pfosten ab und gibt ihnen eine schöne Gestalt. Man gibt ihnen ferner Basen wie Säulen; sie sind oben wie unten so eingekerbt, wie dies die Fig. 102[8]) zeigt.

---

[1]) Es steht aus Versehen *ġarbî* = westlich, statt *scharqî* = östlich.

[2]) Es mufs wohl heifsen: am Ende der zwölften Türe. Eine in der Mitte der „Maus“ stehende Mondsichel zeigt die Stunden des Tages und ihrer Teile an. Damit diese Mondsichel also am Ende der letzten Stunde in der Mitte der zwölften Türe steht, mufs das Vorderteil der Maus sich an deren Ende befinden.

[3]) Aufser der unteren und oberen Schwelle kommt noch eine „äufsere“ vor; diese ist am vorderen Rand des Daches des Hauses der Spanngewichte und Kugeln aufgestellt und begrenzt die unterhalb der Türen befindliche Bahn des Schlittens auf ihrer Vorderseite.

[4]) Die untere Schwelle bestand aus Kupfer, nicht aus Eisen.

[5]) Der Abschnitt II gibt für die obere Schwelle auch nur zwei Träger an und bemerkt: „für den mittleren ist kein Platz.“

[6]) Das ist nicht klar. [7]) Diese Rohre werden später noch beschrieben.

[8]) Die Figur ist sehr wenig gut, wohl durch Schuld der Abschreiber.

Darauf bringt man für sie an den 13 erwähnten Teilstellen Vertiefungen an, die so weit sind, wie die mittleren Stellen der Basen der Pfosten, um die Pfosten bis zur Hälfte ihrer Basen in die Schwelle einzulassen. Dann bohrt man an den Stellen, wo die Pfosten in die Schwellen eingesetzt sind, oben und unten in die Pfosten und die Schwellen Löcher [senkrecht zu den Pfosten]. In diese werden Nägel gesteckt und so die Pfosten und Schwellen fest miteinander verbunden. Die Pfosten und Nägel werden vergoldet und geputzt. Man bohrt auf beiden Seiten eines jeden Pfostens etwas oberhalb der oberen Schwelle zwei Löcher, die zu den eben erwähnten, in denen sich die Nägel befinden, senkrecht stehen; in ihnen sollen die Zapfen der Füllungen sich drehen. Wir haben also an jeder Säule vier Löcher, eines oben und eines unten für die erwähnten Nägel und senkrecht zu ihnen zwei weitere Löcher, in denen sich die Basen der Füllungen drehen. Das folgende ist ein Bild der Anordnung (Fig. 103). (Die Figur ist sehr schlecht; deshalb wurde in Fig. 104 eine Rekonstruktion nach den Angaben des Textes ausgeführt.)

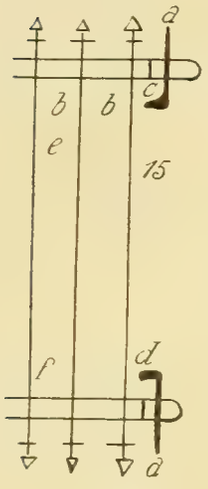


Fig. 103.

Es steht bei *a*: Träger; *b*: Loch für den Zapfen der Türe; *c*: die obere Schwelle; *d*: die untere Schwelle; *e* und *f* (quer über die Zeichnung): die Löcher, die sich oben und unten zwischen den Pfosten befinden, entsprechen den Zapfen der Türen, die sich in ihnen drehen. — Die Figur in der Handschrift hat 13 Pfosten, hier ist nur ein Teil dieser Figur wiedergegeben.

Dann macht man die 12 Türen. Sie sind etwas kürzer als der Abstand der beiden Schwellen, damit sie nicht, wenn sie sich zwischen diesen befinden, an der Drehung gehindert werden. Ebenso ist ihre Breite etwas kleiner als der Abstand zweier Pfosten. Man macht die Türen aus Platten von rotem gehämmertem Kupferblech, um sie zu vergolden. Sie sollen eine gewisse Dicke besitzen und kräftig sein. In dem oberen und unteren Rand einer jeden Türe bringt man je einen Zapfen an, der in eine Höhlung (*Nuqra* Lager) der oberen bzw. unteren Schwelle sich einsetzt; die Zapfen wachsen gleichsam aus dem Körper einer jeden Türe heraus und sind etwas dünner als die Löcher in den Schwellen, damit sich die Türen in letzteren leicht drehen.

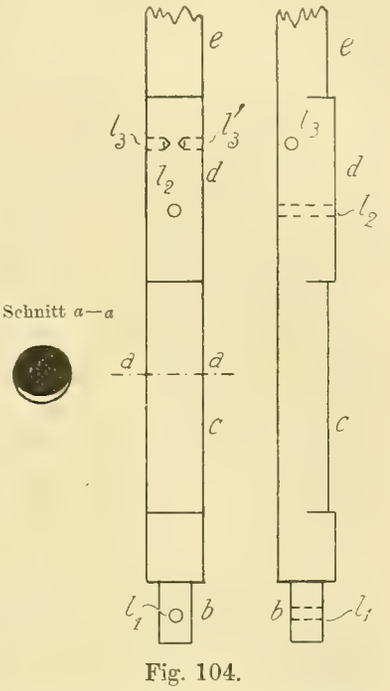


Fig. 104.

Es ist *b*: der in der unteren Schwelle befindliche Teil; l_1: das Loch für den den Pfosten in dieser haltenden Nagel; *c*: der die Türen begrenzende Teil; *d*: der in der oberen Schwelle befindliche Teil; l_2: das Loch für den die Verbindung mit dieser herstellenden Nagel; l_3 u. l_3': die Löcher für die Zapfen der Füllungen; *e*: der die Füllungen begrenzende oberste Teil; es ist nur sein unteres Stück gezeichnet. — Der in der unteren Schwelle befindliche Teil (*b*) mufs wie hier gezeichnet, verjüngt gewesen sein, da sonst in Anbetracht der übrigen für die Uhr gegebenen Maße die Löcher in der unteren Schwelle im Verhältnis zu deren Stärke zu grofs gewesen wären (vgl. Fig. 133).

Hierauf macht man an jede Türe zwei Knöpfe, um an ihnen seidene Kordeln (*Scharrâba*) anzubinden. Dazu macht man unten auf der Türfläche zu beiden Seiten des Zapfens[1]) rechts und links je ein Loch. Man feilt dann 24 Nägel mit Köpfen (*Zirr*), für jede Türe zwei, so zurecht, dafs ihre Körper (*Gism* Stiele) die Löcher ausfüllen. Man läfst sie ein wenig über die Türe hervorragen und zwar so weit, dafs man um ihre Einschnürung (*Tachṣîr*) die Kordeln binden kann. Ihre Köpfe macht man rund und unter diesen befinden sich die Einschnürungen. Dann vergoldet man die Nägel.

Auf der einen Seite der Türe bringt man keine Verzierung an (sie ist *sâdig*) und vergoldet sie. Diese Seite entspricht den noch nicht abgelaufenen Stunden. Die andere Seite vertieft man und gibt ihr einen sie rings umgebenden Rand. Dieser Rand ragt über die Fläche der Türe hervor. Er ist es, den der die Türe festhaltende Sperrhaken festhält, da er über die Türe hervorragt.

Die Türe wird dann verziert. Der innerhalb des Randes gelegene Teil wird um $^1/_4$ Glied vertieft. In der Vertiefung wird erhöht eine Inschrift angebracht, die für jede Türe die ihr entsprechende Stunde angibt. Diese Seite dreht sich nach Ablauf einer Stunde nach aufsen. In den vertieften Raum zwischen der Inschrift bringt man Lasurstein an. Das übrige vergoldet man, damit es den Lauf der Zeiten überdauert. Die Nägel bringt man folgendermafsen an: Den [einen] Nagel bringt man an eine Stelle, die der zugehörigen ungeschmückten Seite nahe liegt, und zwar an die Stelle, die beim Ablauf der Stunde sich nach innen dreht.[2]) Man darf den Kopf aber weder grofs noch dick machen, da er sonst die Kordeln daran hindern würde, unter die Türe zu treten. Ist nämlich der Kopf des Nagels dick, so hält er die Kordel fest und diese hält die Türe fest; diese kann sich dann nicht öffnen, sondern bleibt in der Hälfte stehen. Dasselbe ist der Fall, wenn man die Kordel dick macht.

Die Türe dreht sich nämlich einmal nicht, weil die Kordel dick ist und die Türe daran hindert sich zu drehen, da die Kordel den Zwischenraum zwischen Türe und Schwelle verstopft. Ferner dreht sie sich nicht, wenn die Einschnürung des Kopfes nur klein ist oder wenn der Kopf des Nagels weiter herunter geht als nötig ist. Daher wird der Kopf des Nagels nach oben gebogen, damit die Kordel in die Höhe gehalten wird; dann beengt diese die Türe nicht.

Läfst man zwischen Türrand und Schwelle einen weiten Zwischenraum, so ist man vor all diesem sicher.

Die Nägel lötet man auf die Türen, nachdem man sie gut und reichlich vergoldet hat. Die Kordeln macht man aus guter, reiner Seide und flicht sie sorgfältig zusammen. Man wählt ihre Dicke so, dafs, wenn sie unter eine Türe kommen, sie diese nicht an ihrer Drehung hindern. Am Ende jeder Kordel macht man eine Schlinge (*ʿUrwa*), um ihr anderes Ende in diese einzuführen. Dann bindet man die Kordel um den Knopf an der Türe.

Die Fig. 105 gibt ein Bild der Türen, ihrer Zapfen und der Stellen, wo sich die Nägel befinden (die Stellen sind in der Figur nicht angegeben).

---

[1]) In Abschnitt II ist der Zapfen als Drehpunkt (*Madâr*) bezeichnet.

[2]) Es ist das nicht ganz klar. Aufserdem fehlt hier offenbar etwas, da nur von dem einen Nagel (*Zirr*) die Rede ist und nicht von dem zweiten der betreffenden Türe.

Die Füllungen (Mondsichel *Hilâl*).[1] Man nimmt zwölf viereckige, blaue (?) Platten aus rotem Kupfer, damit sie sich vergolden lassen. Sie sind viereckig und so breit wie die Türen. Oben macht man sie dünn und unten, wo sie an die obere Schwelle angrenzen, breit und dick. Diese breite und dicke Stelle tritt aus ihrem Körper hervor wie ein Sims (*Ifrîz*) und ein Rand (*Zîk*). Den Sims stellt man nach der Aufsenseite der Uhr. In diesem Sims steckt ein sehr schönes Geheimnis. Die Füllungen würden in den Bögen[2] nicht aufrecht stehen, wenn dieser Sims nicht da wäre; warum, werden wir später mitteilen. An jeder Füllung bringt man unten rechts und links je einen Zapfen an. Diese Zapfen drehen sich in zwei Löchern, die sich in zwei jeweils benachbarten Pfosten befinden; dabei sollen die Zapfen aus der Masse der Füllungen selbst herausgearbeitet sein. Sie sind rund und dünner als die Löcher in den Pfosten. Man macht dann genau in der Mitte einer jeden Füllung unten ein gerades Loch, das von unten [nach oben und] von innen nach aufsen geht. Das Loch tritt ein Gerstenkorn über dem Sims heraus.[3])

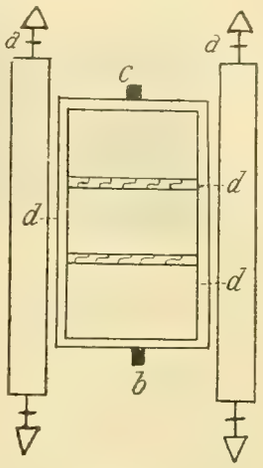


Fig. 105.

Es steht bei *a*: Pfosten (*Amûd*); *b*: Zapfen; *c*: Zapfen der Türe; *d*: der Rand (*Ifrit*); *d d*: die weifse Farbe (*Bajâd*) des Randes (vielleicht der glänzende Rand). — Das Original zeigt zwei Türen nebeneinander.

Die Kordeln für die Füllungen sind dünn, gut, kräftig und sehr fest. Die gedrehten Zapfen der Füllungen senkt man dann so in die Löcher der Pfosten, dafs zwischen dem unteren Teil der Füllung und der Schwelle ein solcher Zwischenraum ist, dafs die Kordeln nicht die Füllungen an ihrer Drehung dadurch hindern, dafs sie den Zwischenraum versperren. Die Füllungen sollen etwas in die Höhe stehen und die Kordeln dünn sein, dann erfahren die Füllungen kein Hindernis, wenn sie sich aufrichten. Der Nutzen des Simses ist folgender: Man führt die Kordel in das gerade Loch von innen ein und zieht von aufsen an ihr, bis das ganze andere Ende sich auf der äufseren Seite der Füllung befindet. Innen macht man einen Knoten, damit die Kordel nicht herausrutschen kann. Dann wird sie durch das Loch im Sims von oben nach unten geführt. Sie wird dann unterhalb der Füllung nach innen gezogen und um das Rohr (s. w. u.) gewickelt. Dies werden wir schildern, wenn wir das Inbetriebsetzen behandeln.

Zieht das Bleigewicht an der Kette der Füllung oder zieht die Kette an dem Rohr, an dem die Kordel befestigt ist, so wird der obere Teil der Füllung nach aufsen gezogen, wobei sie sich auf den Sims stützt. Dann richtet sich die Füllung auf. Wenn man daher den Sims fortnimmt, so bleibt die Füllung nicht stehen. Merke Dir dies Geheimnis und vergifs es nicht!

---

[1]) Unter Mondsichel (*Hilâl*) ist nicht nur diese selbst (s. w. u.), sondern die ganze Vorrichtung, an der sie befestigt ist, verstanden und zwar hier die über den Türen befindliche; wir übersetzen mit „Füllung".

[2]) In der Fig. 132 sind statt der Bögen dreieckige Giebel gezeichnet.

[3]) Die Beschreibung dieses Loches ist nicht ganz klar. Wie es verlief, erhellt aus der folgenden Angabe über die Führung der die Füllung aufrichtenden Kordel sowie aus der dieser Angabe entsprechenden Rekonstruktion in Fig. 133 (Schnitt $A-B$).

Dann ziseliert und vergoldet man die Füllungen von beiden Seiten. Dann lötet man auf den oberen Rand der Füllung das Bild einer Mondsichel. Jede Füllung hat die beistehende Gestalt (Fig. 106).

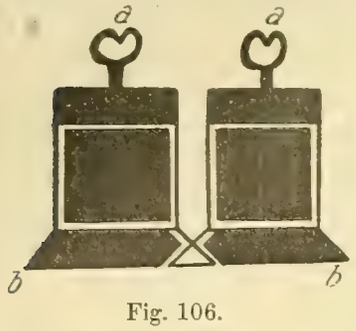


Fig. 106.

Es steht bei *a*: Mondsichel (*Hilâl*); *b*: Zapfen.

Dann befestigt man die Füllungen. An einer jeden bringt man zwei vergoldete Nägel an, die verhindern, dafs sie umkippt,[1]) so dafs sie aufrecht stehen bleibt. Man kann auch hinter ihr auf den beiden Pfosten Wachskugeln anbringen. Soll sie dann nach hinten umkippen, so entfernt man diese Kugeln.

Der Stab[2]) der Rohre (*Saffûd al Barâbich*) ist ein in allen seinen Teilen gleichbeschaffener Stab aus Eisen; er reicht von dem rechten Träger der oberen Schwelle zu deren linkem.

Die Rohre[3]) (*Barbach*) stellt man so her, dafs man zwei runde Kupferscheiben (*Fals*) nimmt; man bohrt in ihrer Mitte ein Loch, das so weit ist, wie der Stab dick, damit sie sich auf dem Stabe drehen können. Hierauf macht man ein dünnes Rohr (Pfeife *Saffâra*) von solcher Weite, dafs man in dieses den Stab schieben kann. Es ist etwas weiter als der Stab, damit, wenn die Ketten an dem Rohre ziehen, dieses einen Zug erfährt, sich auf dem Stabe dreht und dann an den Kordeln der Füllungen ein Zug ausgeübt wird, so dafs die Füllungen sich aufrichten. Das Rohr dreht sich auf dem Stabe, der Stab selbst bewegt sich aber nicht; sonst würden die Füllungen aufrecht stehen.[4]) Der Stab bewegt sich aber nur dann nicht, wenn die Rohre weit sind und sich auf dem Stabe drehen, ohne dafs dieser sich bewegt. Dann lötet man das Rohr an die beiden Kupferscheiben und zwar kommt auf jede Seite eine Scheibe; das Loch in den Scheiben und das Rohr sind gleich weit. (Fig. 107 ist die Originalfigur für diese Vorrichtung; Fig. 107 a zeigt eine Rekonstruktion.)

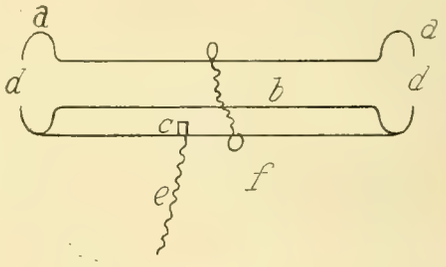


Fig. 107.

Es steht bei *a*: Scheibe (*Fals*); *b*: Pfeife, Rohrstutzen (*Saffâra*); *c*: Haken; *d*: der Ort, wo der *Saffûd* (der Stab, auf dem sich die Rohre drehen) eintritt; *e*: die Kette, die zu dem Ring hinabgeht, der sich in dem Loch des *Saffûd* befindet (es ist dieser *Saffûd* ein an den Spanngewichten angebrachter Stab); *f*: die Kordel (*Scharrâba*), die sich an der Füllung befindet; sie wird um das Rohr und den Draht (*w*) gewickelt.

[1]) Die beiden vergoldeten Nägel sollen wohl verhindern, dafs die Füllung zu weit nach vorne vorfällt; das hat aber auch schon der Sims getan; die beiden Wachskugeln sollen dagegen ein Umkippen nach rückwärts verhindern, wenn es nicht gewünscht wird.

[2]) In Abschnitt IV heifst es: Man mufs darauf achten, dafs der Träger des Stabes für die Rohre und der Stab selbst genau horizontal sind, sonst drehen sich alle Rohre, wenn eines sich dreht.

[3]) In Abschnitt II wird als Synonym *Farâscha* angegeben.

[4]) d. h. es würde sich nicht nur eine, sondern es würden sich alle Füllungen aufrichten, indem durch die Bewegung eines Rohres der Stab in Rotation versetzt würde und durch ihn dann die anderen Rohre.

Dann macht man einen dünnen, runden Stab (Draht *Mîl*) aus Eisen oder Kupfer, der so lang ist, wie der Zwischenraum zwischen den beiden Scheiben. Man lötet ihn zwischen ihnen ein, um sie miteinander zu verbinden und um an ihm den Haken der Kette und der Kordel der Füllung anzuhängen. Die kurze Kette geht zu dem Ring des ihr zugehörigen Stabes.[1]) Oberhalb der Türe und gegenüber einer jeden Füllung bringt man ein Rohr an.

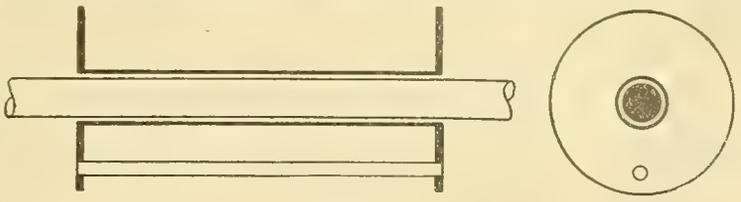


Fig. 107 a.

Dann macht man die Ketten; sie sind ähnlich denen für die Klappen (s. w. u.), nur dünner. An ihrem oberen Ende bringt man einen Haken an, den man an dem Draht befestigt. An dem unteren Ende befindet sich ein Haken; dieser wird in den Ring eingeführt, der sich in dem Loch des Stabes an dem Spanngewichte (vgl. w. u.) befindet. Die Spanngewichte ziehen an den Klappen und an diesen Ketten.

Sperrhaken (*Faras*). Dann bohrt man in die untere Schwelle an dem Rand eines jeden Pfostens, unten nahe an der Türe gegenüber ihrem Rand, ein Loch, in das man dann den Nagel einsteckt, der den Sperrhaken festhält, der selbst wieder jede Türe festhält. Der Nagel hat eine kleine Neigung nach dem Pfosten zu, da dann das obere Ende des Sperrhakens sich neigt und die Türe festhält.

Fig. 108.

Es steht bei *a*: die Stelle des Nagels; *b*: die unterste Stelle des Sperrhakens (*Ḍâbiṭ*); es ist diejenige, gegen die der Daumen stöfst; dann hört er auf, die Türe festzuhalten; *c*: das oberste Ende, das die Türe festhält; es ist genau so breit, wie der Rand (*Zîk*) der Türe.

Man macht die 24 Sperrhaken[2]) aus Stäben aus rotem Kupfer und plattet diese etwas ab, so dafs sie flach werden. Ihre Länge ist so bemessen, dafs, wenn man sie an einem Ende nach der Türseite so umbiegt, dafs sie die Türe festhalten, ein Rest übrig bleibt, an dem der Daumen vorbeigeht; stöfst dieser an dieses Ende, dann hält das obere Ende (*Ra's*) die Türe nicht mehr fest und diese dreht sich.

Die Breite des Sperrhakens ist so grofs, wie der Rand (*Zîk*) der Türe, damit er sie festhält.[3])

Die Gestalt eines Sperrhakens ist folgende (Fig. 108). Seine Mitte bildet man zu einer runden Achse (*Quṭb*) aus.[4]) Auf beiden Seiten der Achse bringt man eine Knickung (*Tachṣîr*)[5]) an. Der

[1]) Die Kette geht zu dem Ring an einem Stabe, der an dem ihr zugehörigen Spanngewicht sich befindet.

[2]) Gebraucht werden nur 12. Vielleicht denkt sich *Riḍwân* jeden Sperrhaken aus zwei Haken zusammengesetzt, oder es liegt ein Schreibfehler vor.

[3]) Nach einer anderen Stelle soll der Kopf des Sperrhakens doppelt so breit wie der Türrand sein, da dies den Vorteil habe, dafs er sich weniger leicht verhänge. Auch soll er glatt sein.

[4]) Es soll hier vielleicht heifsen: „bildet man zu der Stelle für eine runde Achse aus"; vgl. weiter unten die Beschreibung der Gabel für die Sperrhaken.

[5]) Auch das Verbum *chaṣîr* selbst kommt bei *Riḍwân* in der zweiten Form vor.

einspringende Winkel oberhalb der Achse, wo der Sperrhaken die Türe berührt, ist auf der rechten Seite, derjenige unterhalb der Achse auf der linken Seite.[1]) Das obere Ende biegt man nach der Türe um, damit es mit seiner Krümmung nach der Türe vorspringt und sie festhält.

Man kann auch zwei dünne, ebene Platten nehmen (Fig. 109) und eine neben die andere legen, dabei verschiebt man die Platten gegeneinander, die eine nach oben, die andere nach unten. Auf einer gewissen Strecke bleiben sie in Berührung, diese Strecke entspricht der Gröfse der Achse, die sich in der Mitte befindet. Das Ende der oberen Platte wird umgebogen. Von dem Ende jeder Platte läfst man ein kleines Stück übrig, an dem die andere anliegt. Dann verlötet man sie.

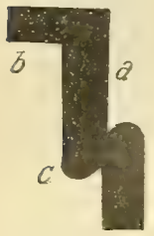


Fig. 109.

Es steht bei *a*: Platte; *b*: das umgebogene Ende, das die Türe festhält; *c*: Ort des Lötens und des Nagels.

Hierauf macht man an der Stelle der Achse ein Loch, in das man den Nagel einschlägt, auf dem sich der Sperrhaken dreht. Dann macht man das Loch gröfser als den Nagel und das Ende, das die Türe festhält, so breit, wie den Rand (*Zîk*) der Türe, dessen Herstellung wir anempfohlen haben und der an den Seiten der Türe vorspringt.[2])

Die geknickte Gestalt des Sperrhakens hat folgenden Nutzen: Der Teil der unteren Seite des Sperrhakens, der an den Nagel anstöfst, ist der oberen Seite des Sperrhakens parallel. Kommt der Daumen des Schlittens an den untersten Teil des Sperrhakens, so steht er parallel zu dem Rand der Türe und steht ihm genau gegenüber. Zu der Zeit nun, zu der der Daumen an den untersten Teil des Sperrhakens anstöfst, öffnet sich die Türe genau zu der entsprechenden Zeit. Ist der Sperrhaken gerade und nicht geknickt und hört er infolge des Druckes des Daumens gegen seinen untersten Teil auf, die Türe festzuhalten, ehe der Daumen noch an eine dem Rand der Türe entsprechende Stelle gelangt ist, so öffnet sich die Türe vor der Zeit, zu der sie sich öffnen soll. Dies ist wieder ein Geheimnis, vergifs es nicht!

Macht man die Sperrhaken gerade und ändert man entsprechend das Mündungsstück,[3]) so kann man das auch tun, indes ist das eben beschriebene Verfahren wesentlich korrekter und schöner in der Ausführung.

Die Sperrhaken nagelt[4]) man dann mit ihren Nägeln an der unteren Schwelle

---

[1]) An dieser Stelle ist der Text nicht ganz in Ordnung. Dadurch wird die Konstruktion des Ganzen schwer verständlich; vielleicht war sie so, dafs das Stück (*a b*, Fig. 108) parallel zur Ebene der Türen lag, während (*c*) senkrecht dazu stand; die Achse, um die sich der Sperrhaken drehte, würde dann auch senkrecht zur Ebene der Zeichnung zu denken sein. Es bieten sich hier verschiedene Konstruktionsmöglichkeiten, von denen eine möglichst einfache in der Rekonstruktion (Fig. 133) dargestellt wurde.

[2]) Vgl. Anmerkung 3, S. 209.

[3]) *Riḍwân* meint, da die Öffnung der Türe zu etwas anderer Zeit erfolgt, müfste man den Ausflufs anders regeln. Er sah wohl hier Schwierigkeiten, die nicht wirklich vorhanden waren; er hätte bei einem geraden Sperrhaken nur den Abstand zwischen Daumen und Mondsichel zu ändern brauchen, um richtige Resultate zu erhalten; eine Änderung der Mündungsöffnung hätte dagegen nur für die erste Stunde Nutzen gehabt, sonst aber Fehler gebracht.

[4]) Hier heifst annageln nur: auf einem Nagel befestigen, denn der eingeschlagene Nagel dient als Achse für die Sperrhaken.

an, nachdem man jeden Sperrhaken in eine Gabel[1]) (*Ḍabba*) aus Kupfer gebracht hat; sie ist dünn und ein Glied lang. Man nagelt ihre beiden Enden an die Schwelle. Das hat den Vorteil, dafs die Sperrhaken durch sie von der Schwelle abgehoben werden. Dadurch wird dann ihre Drehung eine leichte, denn so hindert sie nichts und beengt sie nichts. All dieses vergoldet man sorgfältig.

Herstellung der *Râqûna* (Schwelle). Es ist eine Schwelle aus hartem, trockenem Holz, ihre Länge ist gleich dem Abstand von der rechten zur linken Wand und etwas weniger, denn man macht sie für das Seil des Schlittens, damit dies Seil längs eines Gegenstandes sich bewegt, bis es zu dem Schild (*Turs*) des Tages, d. h. zu dem Rad des Tages, gelangt. Man macht diese *Râqûna* unten breit, oben schmal, ... damit sie auf dem Dach gut aufsitze und gut mit ihm verbunden sei. Dann nagelt man sie auf diesem Dach fest. Man richtet sie genau ein, gibt ihr eine schöne Gestalt und ölt sie mit schön gefärbtem Öl. Ihre Höhe ist kleiner als der Abstand [der Oberseite] der unteren Schwelle aus Kupfer [von dem Dach].[2])

Diese *Râqûna* bringt eine Reihe von Vorteilen. Sie verdeckt den Schlitten zur Zeit seiner Bewegung, sie hindert, dafs irgend ein Tier zu ihm gelangt und ihn schädigt. Ferner bewegen sich die Kordeln der Türen zur Zeit, wo die Türen sich drehen, auf ihr, so dafs sie an sie angepreſst sind und ihre Bewegung gut vor sich geht. Weiter ruhen (*rakab*) die Enden der Träger der unteren Schwelle der Uhr auf ihr, da sie fest mit ihr verbunden sind.

Man mifst nun folgende Längen mit einer Schnur:

1. Die Strecke an der Uhr von der Stellung des Daumens, der die Sperrhaken öffnet, am Anfang des Tages (es ist dies die Stelle, von der wir erwähnt haben, dafs sie auf der Seite der ersten Türe aus der Wand ausgeschnitten wird, damit sich der Daumen auf ihr von Beginn des Tages bis zum Ablauf der ersten Stunde bewegt, bis zu der Stelle, die dem ersten Rand der zwölften Tür gegenüberliegt).

2. Die Strecke zwischen der Mondsichel auf dem Schlitten, die sich in der Mitte des Teiles befindet, der, wie erwähnt, mit der Öffnung eines der zwölf Teile [vor der ersten Türe] abgezirkelt ist, bis zur Mitte der zwölften Türe. Diese beiden Längen müssen einander gleich sein; man kontrolliert die eine durch die

---

[1]) Es soll sich der Sperrhaken auf der Achse drehen, die wie diejenige einer Rolle in einer Gabel befestigt ist.

[2]) Die Bedeutung der *Râqûna* und deren Gestalt ist nach der Beschreibung sehr schwer festzustellen. Wahrscheinlich hat sie die in Fig. 133 gezeichnete Form und befindet sich nicht vor, sondern hinter der Uhrwand. An sie schliefst sich die *Maṣṭaba* an. Das Wort an der Stelle der ... heifst *muṣaffat*, das gibt aber keinen Sinn, vielleicht ist *musaqqat* „umgeworfen“ zu lesen; das würde dem *munakkas* „das oberste zu unterst“ in Abschnitt II entsprechen. In diesem lautet die betreffende Stelle:

Die *Râqûna* ist ein Holzstück, das so lang ist wie das Dach des Hauses der Kugeln und das des Hauses der Gewichte zusammen (oben ist für sie eine andere Länge angegeben). Sie erstreckt sich von der rechten zur linken Seite und zwar nicht ganz, damit sie das Seil des Schlittens nicht daran hindert, dafs es zu dem Rad gelangt. Das unterste Ende, das auf dem Dache ruht, ist breit, das oberste ist dünn, d. h. das oberste zu unterst (*munakkas*). Den Vorteil hiervon werden wir später besprechen. —

Das Wort *Râqûna* kommt von *raqan* „hobeln“.

andere. Sie sind einander gleich, denn der Abstand des Anfanges des Ortes, der für den Daumen und Schlitten ausgeschnitten ist, von dem Anfang des für die zwölfte Türe bestimmten Teiles ist gleich dem Abstand der Mitte des Stückes vor der ersten Türe und der Mitte der zwölften Türe.

Diesem Betrag machen wir gleich den halben Umfang des Kreises für die Scheiben (*Gâm*) der Stunden der Nacht (der Uhr für die Nacht).

Will man die Uhr für die Nacht dadurch anbringen, dafs man in der Wand mit der Säge den Ort für die Scheiben aussägt und diese mit Gips (*Gibs*) und Schusterpech (*Ischrâs*)[1] mit dem äufseren Ring (*Ṭauq*), den wir noch besprechen werden, verbindet, wobei die Wand aus Holz aufrecht an ihrer Stelle bleibt, so kann man dies tun. Will man die Uhr für die Nacht nach der von uns gewählten Methode anbringen, so löst man die Wand los und legt sie vor sich hin, dann nimmt man das Seil, mit dem man die Bahn des Schlittens vom Anfang bis zum Ende des Tages gemessen hat. Auf der Wand mifst man von rechts und links gleiche Strecken ab. Mit dem erwähnten Seil macht man einen Halbkreis, der genau so lang wie das Seil ist. Er ist der Ort, an dem die Scheiben für die Nacht sich befinden, und zwar ist dessen äufserer Umfang von der eben erwähnten Länge.

Der Innenraum des Halbkreises ist um die Breite einer Scheibe kleiner. Dazu zeichnet man innerhalb des äufseren Bogens des Halbkreises mit einem Zirkel einen Halbkreis, so dafs zwischen beiden ein Zwischenraum bleibt, der der Gröfse entspricht, die man den Scheiben geben will. Den Halbkreis teilt man durch zwölf volle Kreise, die untereinander gleich sind; in sie werden die Scheiben eingesetzt. Dann schneidet man diese Kreise aus und macht Öffnungen, um in sie die Scheiben einzulassen. Zwischen je zwei Kreisen läfst man etwas Holz, das sie voneinander trennt, stehen. Die konvexe Seite dieses Halbkreises hat in diesem Falle die Länge der zwölf Stunden, seine konkave ist kleiner (vgl. Fig. 110). Man kann auch eine Teilung in viereckige Stücke vornehmen, da diese bequemer auszuführen ist. Als Scheiben verwendet man dann viereckige Glasstücke. Hat man dann den vergoldeten

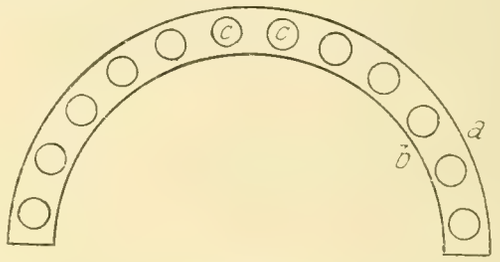


Fig. 110.

Es steht bei *a*: der konvexe Teil; *b*: der konkave Teil; *c*: Scheibe.

[1] *Ischrâs* ist nach *Ibn al Baiṭâr* (ed. Leclerc) nicht, wie man angab, Affodil (Asphodilus), sondern die Zwiebel eines Ornithogallum und zwar nach Aucher von Ornithogallum umbellatum. Nach *Ibn al Baiṭâr* kommt diese Pflanze aus *Churâsân* und *Ḥarrân*. Sie findet sich auch sonst und wird von den Buchbindern und Schustern, so in Konstantine, benutzt. Dort heifst sie *Tscherig*. Von den Webern in Mosul wird eine aus Ornithogallum umbellatum, das die Araber aus der Wüste bringen, hergestellte Stärke verwendet, um ihren Fäden eine entsprechende Steifheit zu geben. Diesen grofsen Stärkegehalt hat der *Ischrâs* mit dem Affodil gemeinsam.

In einer arabischen Dioskoridesübersetzung heifst es: eine Art des Affodil ist der *Ischrâs* der Schuster. (Vgl. *Ibn al Baiṭâr* unter *Ischrâs*, *ʿAbd al Razzâq*, Übersetzung von Leclerc, S. 44; dieser erwähnt, dafs die Schuster die Zwiebeln zum Kleben der Häute verwenden.)

Ring (der noch behandelt wird) aufserhalb angebracht, so erscheinen aufsen genau kreisrunde Kreise von Glas, auf diesen werden innen kreisrund ausgeschnittene Blätter angebracht und mit Gips und Schusterpech (*Ischrâs*) befestigt.[1]) Man erhält so auch Kreise im Innern und kann so verfahren. Diese Methode ist bei der Teilung genauer und in der Ausführung solider. Mein Vater hat diesen Weg eingeschlagen.

Hierauf nimmt man zwölf Scheiben aus klarem, reinem Glas, die so grofs sind, wie die in das Holz der Wand geschnittenen Kreise, falls man solche gemacht hat. Hat man aber Vierecke hergestellt, so nimmt man viereckige Stücke aus Glas und bringt sie, wie vorher ausgeführt, an.

Dann macht man in der sichtbaren, nach aufsen gelegenen Seite der Wand um diesen Bogen eine Vertiefung. In sie legt man einen Ring (*Ṭauq*) aus vergoldetem rotem Kupfer, der so grofs ist wie der ganze Halbkreis. In ihm bringt man kreisförmige Ausschnitte an, die kleiner sind als die für die Scheiben bestimmten. Dann verdeckt der Ring die Holzscheibe zwischen den Kreisen sowie die Befestigungsstellen der Scheiben. Zugleich verhindert er, dafs die Scheiben sich loslösen und nach aufsen fallen. Hat man die Scheiben viereckig gemacht, so verdeckt sie ebenfalls der Ring und sie erscheinen als Kreise. Man legt dann die Scheiben an ihren Ort, versenkt den Ring in die für ihn bestimmte Vertiefung und nagelt ihn auf dem Holz fest mit vergoldeten Nägeln, die runde Köpfe und eine schöne Gestalt haben.

Dann macht man auf der Innenseite des Umkreises der Scheiben eine Vertiefung, d. h. man nimmt den Rand fort, der über die Scheiben hervorragt. Er soll mit den Scheiben in die gleiche Ebene kommen oder nur sehr wenig vorstehen, damit die Scheiben nicht gleichsam in einem vertieften Ort sich befinden und damit dieser Rand nicht das von der Lampe (die sich hinter den Scheiben befindet) kommende Licht von ihnen abhält. Man befestigt dann das Ganze mit Gips und Schusterpech im Innern mit äufserster Sorgfalt.

Hierauf befafst man sich sorgfältig mit der Achse[2]) an diesem Halbkreis,[3]) d. h. der Uhr für die Nacht. Man macht zunächst in ihm ein viereckiges Loch, dessen Seiten je die Gröfse eines Daumengliedes haben. In dieses wird ein Klotz aus gegossenem Kupfer mit viereckigen Seiten versenkt. In den Klotz selbst macht man ein kreisrundes Loch. Die viereckige Aufsenseite wird in die viereckige Stelle in dem Holz versenkt und in dem kreisrunden Loch dreht sich die Achse der Uhr für die Nacht. Dann nagelt man den Klotz so sorgfältig wie möglich fest.

Hierauf macht man eine Öffnung, hinter der die Stunden der Sonne (die Uhr der Sonne) angebracht sind,[4]) nämlich eine viereckige, quadratische Öffnung, die sich weniger als eine Spanne unterhalb der Achse des Halbkreises der Scheiben befindet. Die Öffnung[5]) hat den Zweck, dafs man den Kreis der Stunden der Sonne durch sie

[1]) Es ist nicht klar, woraus die Blätter bestehen. Offenbar sollen auch von innen gesehen die Scheiben kreisrund erscheinen.

[2]) Es handelt sich nicht um die Achse selbst, mit der sich der für die Nachtstunden bestimmte bewegliche Halbkreis und Vollkreis drehen, sondern um die Lagerung der Achse in dem festen Halbkreis der Scheiben.

[3]) Der Halbkreis mit Scheiben bildet einen Teil der festen vorderen Uhrwand.

[4]) Der Verfasser denkt sich hier im Innern der Uhr befindlich, vom Innern aus folgen aufeinander Öffnung und Uhr der Sonne.

[5]) Die Gröfse der Öffnung ist weiter unten zu einer Spanne im Quadrat angegeben

sieht und dieser von ihr aus gedreht wird; dabei bedeckt der Vollkreis der Uhr für die Nacht die Öffnung nicht. Die ausgesägte Öffnung bildet man zu einer Türe aus, die man verschliefst, wenn sie nicht gebraucht wird, im anderen Falle aber öffnet.

Man fügt nun die Wand der Uhr an und befestigt sie von allen Seiten. Hierauf wird die Uhr für den Tag zusammengesetzt.[1]) Man setzt die Säulen in die Löcher, die sich in beiden Schwellen befinden, und nagelt sorgfältig die Schwellen an ihre Träger an. Dann bringt man die Türen an ihre Stellen und ebenso die Füllungen. Man vergoldet reichlich alle Teile der Säulen, der Schwellen, der Nägel der Türen. Hat man die Zapfen der Füllungen und der Türen an Ort und Stelle gebracht, so werden die einzelnen Teile zueinander herangezogen, die Säulen angenagelt und alles so zusammengefügt, dafs es gleichsam zu einem einzigen Stück wird. Hierauf prüft man, ob die Türen sich gut drehen, ihnen die Schwellen nicht im Wege stehen, sowie, ob die Füllungen sich richtig aufrichten und ihnen die obere Schwelle nicht im Wege ist. Ist dies alles gut verbunden, so bringt man es an die ihm zukommende Stelle an der Wand. Dann bringt man die Träger an und befestigt alles. Hierauf bringt man den Stab (*Saffûd*) für die Rohre über dem Träger der oberen Schwelle an, wobei sich die Rohre auf dem Stab befinden. Gegenüber jeder Füllung stellt man ein Rohr auf. Die Enden des Stabes verlötet man mit den Trägern, indem man Blei und Kolophonium (*Qulfûnijâ*) auf sie gieſst. Zwischen den Stab und jeden vierten Pfosten steckt man einen Keil, damit der Stab nicht erschüttert werden kann und sich nicht bewegt, wenn sich die Türen drehen, so dafs auch diejenigen Füllungen sich aufrichten, die nicht aufrecht stehen sollen.

Fig. 111.

Es steht bei *a*: Nagel; *b*: Haken; *c*: Stelle, in die sich der Stab einsetzt. — Das Original zeigt drei Träger; es genügt jedoch die Wiedergabe eines einzigen.

Dann macht man die Träger für den Stab, der die Rohre trägt. Es sind dies drei runde Stäbe, die dicker als eine grobe Sacknadel (*Misalla*) sind. Man gibt ihnen die Form von Halbkreisen (Kreisbögen). Das eine Ende befestigt man auf dem Stab der Rohre, das andere Ende biegt man zu einem Kreis zusammen und nagelt es mit einem Nagel in die hölzerne Wand der Uhr, wie Fig. 111 zeigt.

Man bringt diese drei Träger je auf einem Drittel der Länge des Stabes an, damit der Stab zu der Zeit, wo die Türen sich drehen und die Füllungen sich aufrichten, keinen Erschütterungen ausgesetzt ist.[2]) Sind alle diese Arbeiten ausgeführt, so sind die Grundlagen für die Uhr des Tages und der Nacht gelegt.

Nun geht man daran, die beiden Pfeiler (*Kabsch*) für die Rinnen (*Mîzâb*) herzustellen. Dazu macht man zwei Pfosten (*'Irnâs*) von einer gewissen Breite. Ihre oberen Enden sind verbreitert, ihre mittleren Teile dagegen schmäler. Die Seite ihrer oberen Enden, welche nicht an die Wand anliegt, verbreitert man (macht man schräg, *'arîḍ*); auf ihr werden die Rohre befestigt. Die an die Wand genagelte Seite ist da-

[1]) Ganz zuerst müssen die Füllungen eingesetzt werden, dann mufs die obere Schwelle von unten über die Pfosten übergeschoben werden, dann müssen gleichzeitig mit dem Überschieben der unteren Schwelle die Türen eingesetzt werden.

[2]) Auch hier wird in doppelter Weise für Erschütterungsfreiheit gesorgt.

gegen eben, wie die Fig. 112 zeigt.[1]) Man bringt die Pfeiler oberhalb der ersten Türen auf jeder Seite [der Uhr] und etwas unterhalb der Scheiben der Nacht an. Zwischen ihnen und den Scheiben soll auf beiden Seiten ein Zwischenraum von einer Spanne bleiben. Man nagelt sie senkrecht an ihren Rändern an. Die Stellen, auf denen die Rinnen angebracht werden, höhlt man aus. An den obersten Enden der Pfeiler befinden sich zwei Stellen für die Rollen, diese müssen tiefer liegen als der Vollkreis der Nacht, damit der Umlauf der Enden des Seiles, welches sich auf ihm befindet, gesichert ist, wenn er in Gang gesetzt wird.

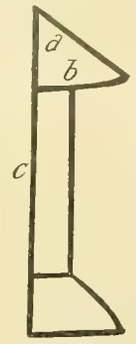


Fig. 112.

Von den zwei nebeneinander abgebildeten Pfeilern geben wir nur den rechten wieder. Es steht bei *a*: Ort der Rollen; *b*: Ort der Rinnen; *c*: Stelle, wo man an die Wand annagelt. — Der letzte Buchstabe des arabischen Wortes für Rinnen (*Majâzîb*), ein „*b*“, ist so lang ausgezogen, dafs er bis zum linken Pfeiler reicht, und so gleichsam den Verlauf der Rinnen wiedergibt.

Die Rinnen macht man aus Blech von verzinntem rotem Kupfer; seine Dicke soll eine mittlere, eher etwas stärkere sein, damit die Rinnen, wenn die Kugeln in ihnen rollen, nicht deshalb erschüttert werden, weil sie zu dünn sind, und damit nicht auch etwas anderes als die Kugeln herunterfällt; ferner damit die Rinnen im Laufe der Zeit unverändert bleiben und nicht entzwei gehen.

Man stellt zunächst die beiden Rinnen her, in denen die Kugeln anfangs ruhen. Dies sind zwei lange Rinnen, etwas länger als die zwölf Türen der Uhr und zwar um das Stück, welches sich auf den beiden Pfeilern (*Kabsch*) befindet; an letztere befestigt man sie. Ihr Querschnitt entspricht $^2/_3$ eines Kreises oder ein wenig mehr, damit die Kugeln nicht heraustreten, wenn sie in ihnen herunterlaufen.

Die beiden Rinnen werden mit ihren einen Seiten fest verlötet. Weiter bringt man die Vertiefung auf dem rechten Pfeiler an einer höheren Stelle an, als auf dem linken. Auf der höheren Stelle, auf der rechten Seite, befinden sich die Enden der verlöteten Rinnen. So können die Kugeln, wenn man sie losläfst, herabrollen, da das eine Ende der Rinnen hoch, das andere dagegen tief liegt. An der tiefer gelegenen Stelle befinden sich die Enden von vier Rinnen. Man macht den Höhenunterschied nicht allzu grofs, da sonst die Kugeln mit grofser Gewalt herunterrollen und, wenn sie an die untere Stelle bei der Biegung anlangen, auf diese mit Gewalt stofsen und herausspringen, so dafs sie herunterfallen. Die Höhendifferenz mufs also eine mittlere sein.

Unter diesen zwei Rinnen bringt man eine dritte an, man wählt diese so lang, dafs sie nach rechts fortlaufend zu einer Stelle gegenüber dem Kopf desjenigen Falken gelangt, der sich auf dieser Seite befindet.

Dann macht man die vierte Rinne. Sie ist etwas weniger als halb so lang als die beiden ersten Rinnen; mit dieser halben Länge selbst wäre sie genau bis in die Mitte der ersten Rinne nach rechts gekommen. Es soll nämlich die Kugel, die in diese Rinne und dann in die fünfte umbiegt, bis sie zu dem [linken] Falken gelangt, genau so lang brauchen, wie eine andere in der langen (geraden) Rinne zu dem anderen Falken. Daher macht man die vierte Rinne etwas kürzer als die Hälfte der

[1]) In Fig. 112 ist auch das untere Ende verbreitert gezeichnet.

Gesamtlänge der dritten, damit ihre geringere Länge den Zeitverlust bei der Umbiegung der Kugel in die [fünfte] Rinne ausgleicht. In die Rinne *I* und *II* bohrt man links oberhalb der Enden der Rinnen *III* und *IV* je ein weites, durchgehendes Loch. Die Löcher bearbeitet man mit der Feile und entfernt ihre Ränder, damit sie die Kugeln nicht festhalten. Man verlötet dann die Rinne *III* mit der Rinne *I* und die kürzere Rinne *IV* mit der Rinne *II* im Feuer. An der Unterseite der Rinne *IV* macht man an ihrem Ende ein weites Loch, das einem nach unten vorspringenden Spalt gleicht. Da, wo dies Loch sich befindet, macht man oben eine Platte (*Ṭauq*) aus Kupfer, die man auflötet. Kommt dann die Kugel und trifft sie das Ende der Rinne bei dem erwähnten Loch, so kann sie nicht in die Höhe springen und herausfallen, da diese Platte sie daran hindert. Unter der Rinne *IV* bringt man die Rinne *V* an; ihr eines Ende steht unter dem eben erwähnten Loch. Man gibt der Rinne *V* eine solche Länge, dafs sie bis zu dem linken Falken reicht.

Die Rinnen verlötet man dann gut und befestigt sie da, wo sie auf den Pfeilern liegen, von oben und unten, weiter keilt man sie mit hölzernen Keilen usw. fest, sodafs sie bei der Bewegung der Kugeln sich nicht bewegen. Zwischen den Enden der Rinnen *III* und *V*, die gegenüber den Köpfen der Falken nach aufsen von der Wand der Uhr um 4 geöffnete F. ($^2/_3$ Sp.) abstehen,[1]) und den Köpfen der Falken bringt man Rinnen an, in denen die Kugeln zu den Köpfen der Falken gelangen.

Diese angesetzten Stücke macht man kreisrund wie wirkliche Röhren, damit nicht, da wo eine Umbiegung stattfindet, die Kugeln in die Höhe springen. Die Stellen in den Rinnen, wo Richtungsänderungen auftreten, macht man möglichst glatt und entfernt jede Rauhheit und alles was sie etwa verengt, damit die Kugeln in ihrer Bewegung kein Hindernis erfahren. Die Öffnungen, aus denen die Kugeln austreten, macht man weiter als den Kugeldurchmesser.

Für die kurzen Rinnen macht man vier Träger, auf jeder Seite zwei, sie gleichen den Trägern für den Stab der Rohre (*Barbach*). Zwischen ihnen und der Wand der Uhr stellt man eine feste Verbindung her und nagelt sie an die Wand der Uhr (Fig. 113).[2])

An denjenigen Stellen der Uhrwand, die den Köpfen der Falken gegenüberliegen, und oberhalb von ihnen bringt man vergoldete viereckige Kupferplatten an, sie haben eine den umgebogenen, angelöteten Enden der Rinnen entsprechende Gröfse. Diese Platten nagelt man an, damit sie die Rinne tragen und den Ort des Schlitzes im Holz verdecken. An der umgebogenen Stelle der Rinne, wo die Kugeln zu den Falken umbiegen, macht man ein Loch. Dies hat den Zweck, dafs, da die Kugeln manchmal an dieser Stelle stecken bleiben, man sie mit einer Stricknadel von diesem Loch aus fortstofsen kann, sodafs sie herausfallen. Man könnte auch das umgebogene Rohr offen lassen; es ist aber doch zweckmäfsiger, es mit einem Dach (Ring *Ṭauq*) zu versehen.

Hierauf verfertigt man den Stab, den ich hinzugefügt habe und auf dem sich die Klappen drehen. Man nimmt einen möglichst gleichmäfsigen und glatten

[1]) Diese Mafsangabe ist unklar.

[2]) Der Gang der Rinnen ist aufser aus der Fig. 113 auch noch aus der Gesamtansicht (Fig. 132) zu übersehen. Wir teilen Fig. 113, trotzdem sie recht schlecht gezeichnet ist, der Vollständigkeit wegen mit.

Stab von der Länge der Rinne *I* und *II*; er ist so dick wie der Stab für die Rohre (*Barbach*). Man befestigt ihn sorgfältig auf beiden Seiten auf den Pfeilern (*Kabsch*). Zwischen dem Stab und der neben ihm gelegenen Rinne läfst man einen Zwischenraum von 1 F., damit sich in diesem Zwischenraum der Ring an der Klappe drehen kann. In dem Stab macht man dann zwölf Einschnitte von angemessener Tiefe. In ihnen drehen sich die Ringe an den Klappen; die Einschnitte sorgen auch dafür, dafs die Klappen stets genau gegenüber der Mitte der Türen bleiben und sich weder nach vorwärts noch nach rückwärts verschieben. Die Klappen selbst macht man aus starkem Kupferblech. Sie sind so lang, dafs sie von der Wand der Rinne, die der Uhrwand zunächst liegt, bis genau über den Stab reichen. In der Klappe macht man noch in der Mitte einen Einschnitt, der die Gestalt einer Einschnürung (*Tachṣîr*) hat, damit in ihn die in der Mitte gelegenen [verlöteten] Wände der Rinnen *I* und *II* sich einfügen.

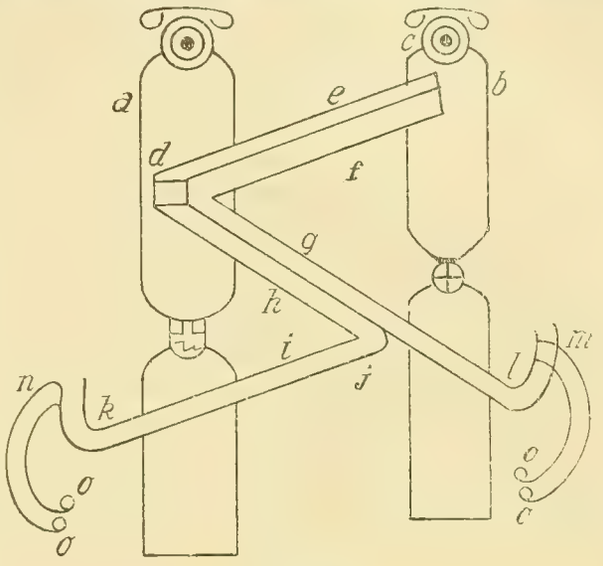


Fig. 113.

Es steht bei *a*: der linke Pfeiler; *b*: der rechte Pfeiler; *c*: der Ort für die Rolle; *d*: das Loch der beiden Rinnen; *e*: Rinne *I*; *f*: Rinne *II*; *g*: Rinne *III*; *h*: Rinne *IV*; *i*: Rinne *V*; *j*: Loch der vierten Rinne; *k*: das umgebogene Rohr, das zum Kopf des Falken heraustritt; *l*: die Rinne, die zum Kopf des Falken heraustritt; *m*: diese Stelle liegt gegenüber dem Kopf des rechten Falken und hier ist ein Stück einer Rinne angesetzt; dies dringt von aufsen in den Kopf des Falken ein; *n*: hier ist gegenüber dem Kopf des linken Falken die Stelle, wo sich das Rinnenstück befindet, das nach aufsen zum Kopf des Falken umgebogen ist; *o*: Träger.

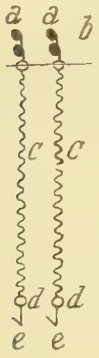


Fig. 114.

Von den 12 Ketten usw., die die Originalfigur enthält, geben wir nur zwei wieder. Es steht bei *a*: *Zurfîn* (Klappe); *b*: die eingekerbte (*mafrûḍ*) Stelle bei jeder Klappe, in diese Stelle setzt sich der Rand der Rinnen ein; *c*: Kette; *d*: Ring; *e*: Haken.

Die Ketten der Klappen sind die langen Ketten, die die Verbindung zwischen dem untersten Teil der Klappen, dem Ring (*Zarad*) und den zugehörigen Stäben herstellen (Fig. 114).

Die Klappen schliefsen die Rinnen ab und halten die Kugeln in ihnen fest, so dafs sie nicht heruntergleiten können.

Steht die Klappe dadurch, dafs die Spanngewichte an den Ketten gezogen haben und sie sich auf dem Stab gedreht hat, in die Höhe, so rollen die Kugeln hinab, da sie nicht mehr festgehalten werden.

Ist die Uhr zusammengestellt und sind die Klappen fertig gemacht, so senkt man die Vorsprünge der Klappen in die Rinnen; diese werden dann an den betreffenden Stellen abgeschlossen und je ein Paar Kugeln an den betreffenden Stellen hinter den Klappen festgehalten. In jeder Rinne liegt je eine Kugel.

Die oberhalb der erwähnten Einschnürung gelegenen Stellen der Klappen, d. h. deren obere Teile, beschwert man dann mit Blei. Man schmilzt Blei und zerreibt Kolophonium und gießt Blei darauf. Dadurch werden die Klappen zu der Zeit, zu der sie liegen, beschwert und ihr Sitz in den Rinnen gesichert.

An dem Stiel der Klappe macht man einen Ring, den man über den Stab schiebt und in einem der Einschnitte befestigt, der sich je gegenüber der Mitte einer Tür befindet.

Benutzt man keinen Stab, sondern bringt man die Klappen in den äußeren Bändern von Scharnieren (*Ḍabba*) an, die auf die Rinnen gelötet werden, so befestigt man diese wie die Scharniere (*Narmâdaga*) der Türen. In sie versenkt man das Ende der Klappen, in das man dann drei Löcher bohrt. Das durchbohrte Ende der Klappe wird in die „*Ḍabba*“ gebracht und durch beide ein Nagel gesteckt. In dem dem Spanngewicht zunächst gelegenen Loch bringt man einen Ring an, in den man den Haken einhängt, der sich an dem Ende der Kette befindet. Das dritte Loch dient als Reserve, wenn eines der anderen nicht passend ausfällt.

In das Dach des Hauses der Spanngewichte macht man dann große Löcher, die jeweilig genau gegenüber den Zapfen in der Mitte der Türen sich befinden. In ihnen bewegen sich die Stäbe der Spanngewichte nach unten [und oben], wenn die Türen geschlossen und geöffnet werden (Fig. 115).

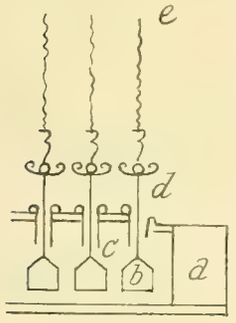


Fig. 115.

Von den 12 Gewichten usw. der Originalfigur bilden wir nur drei ab. — Es steht bei *a*: Haus der Kugeln; *b*: Spanngewicht; *c*: Pfeife; *d*: Stab (*Saffûd*); *e*: Kette.

In jedem Loch befestigt man eine Pfeife aus glattem Kupfer, die so weit wie das Loch ist; sie hat einen nach außen umgebogenen Rand, an dem man sie an das Dach des Hauses der Gewichte mit sehr kleinen Nägeln annagelt, damit die Stäbe in der Pfeife schnell auf- und absteigen können. Die Löcher dürfen aber nicht die Gestalt eines länglichen Spaltes haben, da dieser den Stab am schnellen Sinken und Steigen hindern würde.[1])

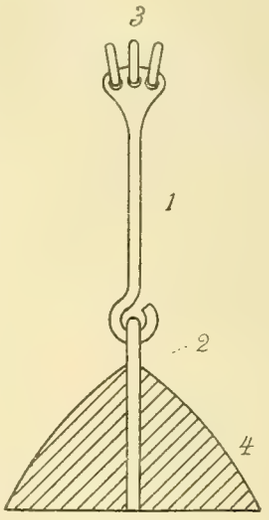


Fig. 116.

Es ist *1*: Stab I; *2*: Stab II; *3*: die drei Ringe für die Ketten und Kordeln; *4*: das Bleigewicht.

Dann macht man die 12 Gewichte aus Blei (vgl. die Rekonstruktion Fig. 116). Ein jedes wiegt 900 *Dirham* (ca. 2700 g). Man gibt ihnen eine pinienzapfenförmige Gestalt und macht sie achteckig. Für jedes Gewicht stellt man einen möglichst glatten Stab *I* von rotem, verzinntem Kupfer her. Unter ihn kommt ein anderer Stab *II*, der nicht ganz einen kleinen Finger lang ist, er hat die Gestalt eines mittelgroßen Schreibrohres (*Qalam*). Sein eines Ende ist mit einem runden Loch versehen, um einen Ring hineinzuhängen. Dieser Stab (*II*) ist so lang wie das Gewicht,

[1]) d. h. die Löcher sollen nicht die Gestalt eines länglichen Ovales haben.

vermehrt um einen aus dem Gewicht hervorragenden Ring. Das eine Ende des Stabes *II* wird abgeplattet und in dieses abgeplattete Stück ein rundes Loch gebohrt, in das der erste Stab *I* sich einsetzt. Der Stab *I* ist so lang, dafs er über das Loch im Dach des Hauses der Gewichte hervorragt. Auch dieses Ende schlägt man breit und bohrt Löcher hinein für die drei Ringe, die für die Ketten und die Kordeln bestimmt sind. Diese drei Ringe sind an dem Ende eines jeden Stabes an der dafür bestimmten Stelle angebracht.

Man stellt die eben erwähnten Stäbe *II* zunächst aufrecht mit ihren Löchern nach oben und gieſst Blei um sie; dazu hat man in Ton eine Gufsform hergestellt. Diese ist so grofs, dafs ein Gewicht sie gerade ausfüllt. Nun befinden sich die Stäbe *II* in den Mitten der Gewichte und des Bleies, das von dem untersten Teil des Stabes nach oben soweit reicht, dafs das Loch, in das der Ring an dem Stab *I*, der für die Ketten an den Klappen betimmt ist, hinein kommt, gerade noch herausschaut. Man macht dies Loch weit, da der Ring kräftig und dick sein mufs.[1])

Der Stab *I* ist so lang, dafs, wenn die Türen geöffnet sind und die Gewichte an den Stäben gezogen haben, er mit ihnen soweit heruntergeht, dafs von ihm noch das Loch über dem Haus der Spanngewichte hervorsieht, in dem die Haken für die Ketten befestigt sind und an denen die Kordeln festgebunden werden. Schliefst sich die Türe und wird das Gewicht in die Höhe gehoben, so erscheint der Stab oberhalb des Daches des Hauses der Gewichte und läfst das Gewicht bis unterhalb des Daches emporsteigen.

In dem oberen Ende eines jeden Stabes *I* macht man, wie erwähnt, ein grofses Loch[2]) und bringt in ihm fest drei Ringe an; sie gleichen je einem Kettenglied (*Zarad*) aus Eisen. Ein Ring dient für die Kette der Klappen, ein anderer für die Kette der Füllung, die durch einen Haken daran befestigt ist; an dem letzten werden die Kordeln für die Türen angebunden. Dies ist besser als alle anderen Verfahren. Man kann aber auch so mit Erfolg vorgehen, dafs man an dem Ende des Stabes einen Haken anbringt, dessen zusammengebogenes heraustretendes Ende kräftig ist. An ihm bringt man einen kräftigen Haken für die Kette der Klappen und diejenige der Füllungen an, weiter führt man die Kordeln für die Türe in den Haken ein. Man hebt dann das Gewicht in die Höhe und bindet die Enden der Kordeln an der Stelle an, die der Tür zunächst liegt. Man ersetzt so die früher erwähnten drei Ringe durch einen Haken.

Die Ketten für die Klappen macht man aus dünnen Drahtlitzen (*Scharîṭ*) aus Eisen oder Kupfer; man stellt sie aus einer Vereinigung (Verheiratung)[3]) von Draht her. Das untere Ende wird mit dem Ring an dem Stab der Spanngewichte durch einen kräftigen eisernen Haken verbunden, das obere mit dem Haken an dem Ring, der sich an dem Ende jeder Klappe befindet. Die Ringe und Haken macht man kräftig und von entsprechender Dicke. Die Ketten macht man so lang, dafs der

---

[1]) Dieser Ring ist nach dem Vorhergehenden jedenfalls aus dem untersten Teile des Stabes *I* durch Umbiegen gebildet.

[2]) Vorher hat es geheifsen: bohrt Löcher hinein für die 3 Ringe.

[3]) d. h. die betreffenden Ketten bestehen aus zusammengewickelten Drähten. *Scharîṭ* selbst heifst auch schon Tresse und Posamentierarbeit.

Ring, wenn das Gewicht an ihm zieht, herabsinkt, an der Klappe zieht und diese dann in die Höhe steht.

Nachdem man all dies vollendet und genau untersucht hat, macht man den Halbkreis für die Uhr der Nacht (Ansicht Fig. 117 und rekonstruierter Schnitt Fig. 118). Man macht ihn aus einem Brett von

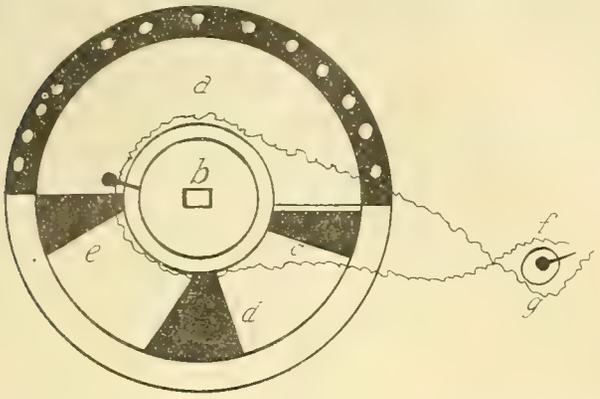


Fig. 117.

Es steht bei *a*: vollkommener Kreis; *b*: Loch für die viereckige Achse; *c*, *d*, *e*: erstes, zweites, drittes Brett; *f*: Seil des Spanngewichts; *g*: Seil des Schwimmers *I* (*Ṭafâf*).

Fig. 118.

Es ist *a*: der vollständige Kreis mit der Rille für das Seil; *b*: die viereckige Durchbohrung in der Mitte dieses Kreises; *c*: eines der den Halbkreis mit dem Vollkreis verbindenden Bretter; *d*: der Halbkreis.

trockenem, hartem, leichtem Holz. Auf ihn zeichnet man mit dem Zirkel einen Kreis,[1]) der dem Umfang des Kreises der Uhr der Nacht entspricht, und sägt ihn dann entsprechend aus. Er soll so breit sein, wie der Kreis der Scheiben, so dafs er sie genau verdeckt und nicht über sie übersteht. Er hat zwei Bögen, einen konvexen und einen konkaven, die je dem konvexen und konkaven Bogen[2]) der Scheiben entsprechen. Der Durchmesser dieses Halbkreises soll genau gleich demjenigen des Halbkreises sein, auf dem sich die Scheiben befinden. Wenn dieser Halbkreis dann die Scheiben verlassen hat und nach unten umgekippt ist, so soll sein Umfang mit dem der Scheiben zusammen genau einen vollen Kreis bilden, von denen ein jeder die Hälfte darstellt. Dann entfernt man ihn und macht den vollständigen Kreis. Dieser hat wie eine Rolle am Rand eine Rille, damit man ein Seil darauflegen kann. Dessen eines Ende befestigt man an einer Kette, die an dem Schwimmer *I* angehängt ist, sein anderes Ende trägt ein Gegengewicht. Dreht sich der vollständige Kreis, so dreht sich mit ihm der Halbkreis.

Den halben Umfang des vollständigen Kreises macht man genau gleich demjenigen des kleineren der beiden Tagesräder; es dürfen keinerlei Differenzen bestehen, da sonst das Werk unbrauchbar ist. Der Mittelpunkt des Halbkreises der Scheiben und der des vollständigen Kreises sollen genau zusammenfallen. Zwischem dem Umfang des vollständigen Kreises und der konkaven Seite des Halbkreises stellt man

[1]) Es ist nicht eine Kreislinie, sondern ein Kreisring.

[2]) Es sind hier die beiden Kreise bezw. Bögen gemeint, die die 12 Scheiben innen und aufsen berühren.

eine Verbindung durch drei Bretter her, die an der konkaven Seite [des Halbkreises] breit, an der konvexen Seite des vollständigen Kreises aber schmal sind. Zwei dieser Bretter liegen an den Enden des Halbkreises auf beiden Seiten, das dritte liegt in der Mitte zwischen ihnen. Jedes hat die Gestalt eines gleichschenkeligen Dreiecks. Man versenkt sie in vertiefte Stellen, sie bilden dann gleichsam einen Mann in einer Frau (vgl. dazu oben). Man nagelt sie mit Holznägeln fest und entfernt jegliche Rauhheit.

Diese drei dünnen Bretter, welche eine Verbindung zwischen dem halben Kreis und dem vollständigen Kreis herstellen, bieten eine Reihe von Vorteilen; einmal sind sie viel leichter, als wenn man ein massives Stück hätte, weiter haben sie eine schöne Gestalt. Wenn der Halbkreis nach unten gedreht wird, so liegen die Stunden der Sonne in dem Zwischenraum zwischen den Verbindungsbrettern; bestände der Halbkreis aus einem einzigen Stück, so würde er, wenn er sich unten befindet, die Öffnung (s. oben) (*Ṭâqa*) für die Sonnenstunden vollkommen bedecken, so dafs man sie nicht verwenden könnte.[1]) Die beiden Bretter, die sich auf beiden Seiten des Halbkreises befinden, müssen genau auf dem Durchmesser des vollständigen Kreises liegen, wie auf der Figur zu sehen ist. Das mufs genau untersucht werden.

Dann stellt man die Achse[2]) aus Holz her, die zur Prüfung des Halbkreises und des vollständigen Kreises der Nacht dient. Man macht in dem Mittelpunkt des vollständigen Kreises ein Loch, das gleich dem Loch in dem Halbkreis ist. In das Loch setzt man ein viereckiges Stück Holz ein, an dessen Seite sich eine runde Achse befindet, die in das Loch in dem viereckigen Klotz aus Kupfer in der Mitte des Halbkreises der Scheiben (s. oben) pafst. Dann dreht man den Halbkreis, bis er die Scheiben bedeckt. Hierauf stellt man die Achse in dem Klotz fest. Auf dem Rand des Kreises macht man nun ein Zeichen, von dem man eine Linie bis zur Uhrwand zieht. Man dreht dann den vollständigen Kreis dadurch, dafs man den Schwimmer um die dem Ablauf von 12 Stunden entsprechende Strecke sinken läfst, dann gelangt das andere Ende des Durchmessers bei einer halben Umdrehung zu der Stelle, wo das erste Ende sich befand. Ist dann der ganze Halbkreis von den Scheiben fortgezogen, so ist die Sache in Ordnung. Gelangt das Ende des Durchmessers bei der halben Umdrehung nun zu dem Zeichen und ist nicht der ganze Halbkreis von den Scheiben fortgezogen und wird nicht das Ende des Durchmessers zu der Stelle des anderen Endes gedreht, so ist der vollständige Kreis zu grofs, man macht dann in ihn eine Einkerbung oder vertieft ihn, damit sein Umfang kleiner werde;[3]) man führt dies

[1]) Da aber Zwischenräume vorhanden sind, kann man durch das Loch die Sonnenstunden einstellen. Die Fig. 117 enthält keine Angabe über den Ort, wo sich die Sonne befindet. Im Text findet sich aber folgende Stelle: Randbemerkung zu dieser Figur in bezug darauf, dafs man keine Stunde der Sonne angebracht hat, oder aber, dafs man sie an einem anderen Ort im Osten oder Westen angebracht hat. Hat man sie so angebracht, dafs die Sonne sich von Ost nach West dreht und im Osten aufgeht, so ist ihr Ort ein anderer als der angegebene, wir werden das bei der Besprechung des Ingangsetzens behandeln. (Die Stelle ist unklar.)

[2]) Die Stelle ist im Text verderbt. Im obigen dürfte der Sinn wiedergegeben sein. Die Achse ist nur eine vorläufige, die nachher durch eine andere, kupferne ersetzt wird.

[3]) Die ganze Stelle ist verderbt. Gemeint ist wohl, dafs entweder bei dem Sinken des Schwimmers um die den 12 Stunden entsprechende Strecke das andere Ende des Durch-

aus, auch wenn man die Räder des Tages erst später herstellt. Wenn man aber einen Fehler bei der Konstruktion der Apparate begeht, so soll dieser stets nach der Seite des zu grofsen und nicht des zu kleinen liegen. Denn, wenn man die Apparate benutzt und prüft, so kann man das zu Grofse relativ leicht kleiner machen; dem zu Kleinen kann man aber nur mit vieler Mühe abhelfen.

Der Halbkreis und der vollständige Kreis sollen sich leicht in der Wand drehen und nicht ruckweise, etwa weil sich Rauhheiten an dem Halbkreis oder an dem vollständigen Kreis oder an der Wand finden. Deshalb mufs die Wand ganz eben und glatt sein, dann findet die Umdrehung in entsprechender Weise statt. Hat sie diese Eigenschaften nicht, so mufs man dem abhelfen.

Der Halbkreis soll die Dicke eines Daumengliedes haben, der vollständige Kreis soll dreimal so dick sein, da auf ihm sich die Rille befindet, auf die das Seil gewickelt wird. Der vollständige Kreis ragt also über den Halbkreis um zwei Glied oder mehr hervor.

Die Achse für die Nachtstunden besteht aus einer $1^1/_2$ Sp. langen Stange (*ʿAmûd*) aus gegossenem Kupfer (Fig. 119). Sie hat einen viereckigen, einen runden, einen zweiten viereckigen und einen zweiten runden Teil. Ein Ende dreht sich in einem Klotz; wie dieser innen an dem Träger des Halbkreises angebracht ist, werden wir noch behandeln. Wir machen dieses Ende spitz, wie bei der von den Drechslern benützten Achse, damit es sich in dem erwähnten Klotz drehen kann. Die Stange feilen wir zurecht. Wir bringen an ihr ein viereckiges Stück an, das genau gleich dem viereckigen Loch in dem vollständigen Kreis ist, nicht um ein Gerstenkorn oder ein Haar gröfser. Das viereckige Ende soll bis zu der zugespitzten Stelle reichen, es ragt dann über den Kreis um einen solchen Betrag hervor, dafs es bis zu dem eben erwähnten Klotz auf dem Träger (*ʿIdâḍa*) gelangt und zu dem schneckenförmigen (*ḥalazûnî*) „Kreis“, damit es sich in ihm dreht, d. h. seine Länge mufs entsprechend abgeglichen werden.

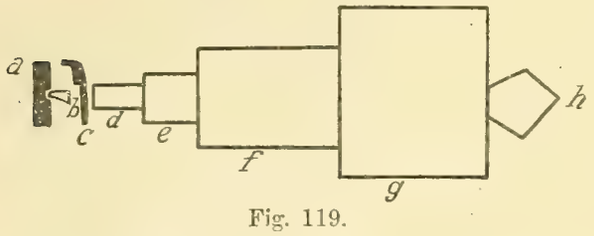


Fig. 119.

Es steht bei *a*: der Klotz, der sich aufsen befindet, auf dem sich die Achse dreht und der sie trägt; *b*: Loch für den Splint; *c*: der Splint (das Wort ist nicht beigeschrieben); *d*: das kleine runde Stück, auf dem sich der Tierkreis dreht; *e*: das kleine viereckige Stück, auf dem die Platte der Sonne mit ihrem viereckigen Loch aufgeschoben ist; *f*: das gröfsere runde Stück, das sich in dem Klotz dreht, der sich in der Uhrwand befindet; *g*: das gröfsere viereckige Stück, das in das viereckige Haus (Loch) geht, das sich an dem vollkommenen Kreis der Nacht befindet; *h*: Ende der Achse, das sich in dem Klotz dreht.

Dann steckt man das viereckige Stück in das viereckige Loch des vollständigen Kreises und des Halbkreises. Das Stück, das über den Kreis nach der

messers an das Zeichen kommt und dann auch die 12 Scheiben enthüllt sind. Dann ist alles in Ordnung; oder dafs bei demselben Sinken des Schwimmers das andere Ende des Durchmessers nicht an das Zeichen kommt und die 12 Scheiben nicht ganz enthüllt sind, dann ist der vollständige Kreis zu grofs und man macht ihn kleiner. Wohl der Abschreiber hat in dem Zusammenfallen der Enden des Durchmessers mit der Marke und dem Enthüllen der Scheiben zwei voneinander unabhängige Dinge gesehen und daher Konfusion gemacht.

anderen Seite zu vorragt, wird rund gefeilt, damit es sich in einem in die Uhrwand eingesetzten Klotz dreht. Damit diese Drehung leicht vor sich geht, mufs dieser Fortsatz dünner sein als das Loch in dem Klotz.

Dies Viereck heifst das gröfste quadratische Stück (*Tarbîʿ*), wenn es mit dem noch zu erwähnenden Viereck für die Scheibe der Sonne verglichen wird. Das sich daran anschliefsende runde Stück (*Tadwîr*) heifst das gröfste runde Stück, wenn wir es mit dem vergleichen, das wir dem Tierkreis zuerteilen. Stets ist das vorhergehende Stück gröfser als das nachfolgende, damit die Achse nicht nach aufsen aus der Uhr austritt, so dafs sie herabfällt oder man sie von innen festhalten mufs.

Die Achse wird nun in den Klotz in der Uhrwand gesteckt, bis sie auf der anderen Seite herauskommt; dort macht man mit der Feile ein Zeichen und feilt das aus der Uhrwand hervorragende Stück quadratisch zu. Es wurde nun erwähnt, dafs das runde Stück dünner ist als das erste quadratische Stück, auch ist das zweite quadratische Stück kleiner als das erste runde und das erste quadratische Stück, das in den vollständigen Kreis von innen eingesetzt wird. Es ist dieses aufsen befindliche quadratische Stück das kleinste quadratische Stück. Auf ihm wird die Sonnenscheibe befestigt. Die Seiten und Winkel des kleinsten quadratischen Stückes entsprechen in ihrer Lage denen des gröfsten. Am Ende des kleinsten quadratischen Stückes feilt man ein rundes Stück an, das dünner als das erste ist. Dies letzte runde Stück dreht sich [mit seinem Ende] in dem Klotz, der sich ihm gegenüber aufserhalb [an dem als Horizont bezeichneten Stück] befindet (s. w. u.). Dann feilt man das letzte Stück gut rund, um darauf den Kreis für die Tierkreiszeichen drehen zu können.

Gegen das Ende des kleinen runden Stückes bohrt man ein längliches Loch, ähnlich dem Spalt am Astrolab, in das man den Splint steckt.[1]) Dieser Splint hält die auf der Achse angebrachten einzelnen Teile fest. Diese werden noch beschrieben werden. Dann macht man noch eine kleine Unterlegscheibe aus Kupfer (*Fals*) zu demselben Zweck. Dann fertigt man noch eine Unterlegscheibe aus Kupfer an, die genau die Weite des kleineren runden Stückes hat. Sie hat folgenden Zweck. Bringt man die Scheibe der Sonne und den Kreis für den Zodiakus an ihre Stellen auf der Achse und ist zwischen der Scheibe und dem Kreis ein Zwischenraum, infolgedessen eventuell die Scheibe der Sonne von dem quadratischen Stück abgleiten könnte, so legt man die Unterlegscheibe dazwischen und steckt dann den Splint vor. Ragt von der Achse ein gröfseres Stück über den Splint vor, so schneidet man dies ab und läfst nur ein kleines Stück überstehen, das sich in der Mitte des Klotzes dreht, der in dem Horizont der Stunden der Sonne sich befindet, von dem wir noch sprechen werden. Das Ende liegt parallel zu dem anderen inneren Ende und in dessen Verlängerung; es neigt sich weder nach unten, noch steht es in die Höhe, da dadurch eine Hemmung der Bewegung hervorgerufen werden würde.

Der gröfsere viereckige Teil hat die Aufgabe, den Halbkreis der Nacht festzuhalten und infolge seiner Gröfse die Achse zu verhindern nach aufsen aus der Uhr herauszutreten. Der sich daran anschliefsende runde Teil dreht sich in dem Klotz in der Wand der Uhr; auf dem kleinen viereckigen Teil befindet sich die

[1]) Das Loch befindet sich, wie aus anderen Angaben hervorgeht, innerhalb des äufsersten Klotzes, d. h. zwischen ihm und der Scheibe der Tierkreiszeichen.

Platte der Sonne, so dafs sie sich mit dem halben Kreis der Nacht dreht. Auf dem kleineren runden Teil dreht sich der Zodiakus.

Den inneren Träger für die Achse des Halbkreises der Nachtstunden und des vollkommenen Kreises stellt man folgendermafsen nach dem von meinem Vater angegebenen Verfahren her. Man macht einen runden, abgedrehten Kreis (*A*), der so grofs wie der vollkommene oder ein wenig kleiner ist und die gleiche Dicke wie dieser hat. In der Mitte hat er einen quadratischen kupfernen Klotz, damit sich in ihm das Ende der Achse dreht. Von den Seiten her bohrt man zwei schraubenförmige Löcher (*ḥalazûnî*). Dann stellt man zwei entsprechende Holzschrauben her, die breite Köpfe wie die Nägel haben; sie sind so lang, dafs sie von dem Kreis bis zu der anderen Fläche sich erstrecken. Hierauf steckt man die Achse in den Klotz, dreht die beiden Schrauben und schraubt sie in die Löcher in den beiden Kreisen, bis der eine Kreis den anderen deckt und mit ihm so fest verbunden ist, dafs sie gleichsam zu einem Stück werden (Fig. 120).[1])

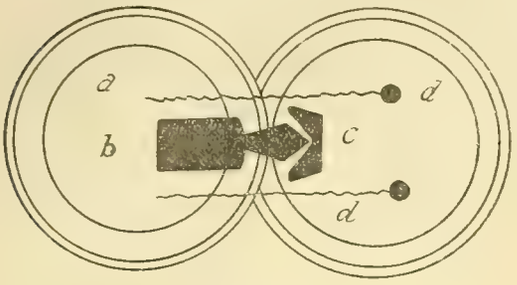


Fig. 120.

Wir geben die Figur wieder; vielleicht gelingt es doch noch jemand, die Konstruktion zu enträtseln. Es steht bei *a*: der vollkommene Kreis der Nacht; *b*: die Achse; *c*: der Klotz; *d*: schneckenförmiger Nagel (*Mismâr ḥalazûn*). — Interessant ist jedenfalls zu sehen, dafs Holzschrauben zur Verbindung von einzelnen Teilen benutzt werden.

Aus dem Abschnitt II fügen wir noch das folgende auf den Kreis der Stunden der Nacht Bezügliche bei:

Die Rollen für die Stunden der Nacht sind stets paarweise angeordnet. Sie befinden sich an den Winkeln und den Orten, um die die Seile herumgeführt

---

[1]) Sowohl die Beschreibung, wie die Figur ist unverständlich. Wenn der vollständige Kreis und der Kreis *A* fest miteinander verbunden sind und sich zusammen drehen, so hat das Ganze keinen Zweck. Vielleicht ist aber der Kreis *A* durch die Schrauben auf der Uhrwand in irgend einer Weise befestigt. Man hat hier und auch im folgenden den Eindruck, dafs einer der Abschreiber den Text nicht verstanden und entstellt hat.

Auch die beiden folgenden Stellen aus dem Abschnitt III machen es kaum klarer:

Der Kreis der Schraube. Man verwendet ihn, wenn man die Alhidade nicht verwendet. Es ist ein Kreis von der Gröfse des vollkommenen Kreises der Nacht, an seinen beiden Seiten befinden sich zwei schraubenförmige Löcher, in die man zwei Schrauben einschrauben kann; diese halten beide zusammen.

Wir fügen noch die Angabe über die beiden Klötze bei:

Die beiden Klötze für die Achse sind zwei Klötze, von denen der eine sich an einem runden Stück Holz gegenüber der Achse nach dem Innern der Uhr zu befindet. Das Holz wird auf den Kreis der Nacht genagelt und dreht sich mit ihm. An Stelle des Holzes kann man auch eine *'Idâḍa* (Träger) nehmen, auf der sich der Klotz befindet. Der andere Klotz befindet sich in der Wand der Uhr, es dreht sich in ihm die gröfsere Achse, welche nach dem viereckigen Stück kommt, das in den Kreis und den Halbkreis der Nachtstunden eingesetzt ist. — Auch diese Angaben bringen keine Klarheit über den „Kreis der Schrauben".

werden müssen. Am Beginn befindet sich ein Rollenpaar gegenüber der Stelle, an der die beiden Enden des Seiles herauskommen, die sich auf der einen Rolle befinden, die auf dem Pfeiler (*Kabsch*) angebracht ist. Dieses Seil ist das um den Kreis der Nachtstunden gewickelte. Sein eines Ende tritt oben an dem Kreis und sein anderes unten an ihm heraus, ebenso kommt eines unterhalb, das andere oberhalb der einen Rolle hervor. Dann werden die beiden Seilenden um zwei Rollen gelegt und gehen zu den zwei Rollen, die auf der Oberseite desjenigen Pfeilers (*ʿIdâḍa*) sind, der oberhalb des Pfeilers (*ʿIdâḍa*) der beiden Räder für den Tag liegt. Beide gehen dann nach unten, an dem einen wird das Spanngewicht befestigt und an dem anderen unter Zwischenschaltung einer Schnur der Schwimmer.

Der Pfeiler (*ʿIdâḍa*) für die Rollen der Nacht ist derjenige, der in der Wand angebracht ist, die sich oberhalb des Pfeilers für die Räder des Tages befindet. An seinem Ende sind zwei Einschnitte, in denen die beiden Rollen stecken.

Das Spanngewicht der Stunden der Nacht ist das Spanngewicht, dessen Gewicht gleich oder nahe gleich ist dem Gewicht eines der Zuggewichte; es ist an dem Ende des Seiles befestigt, welches zu dem oberen Teil des mit dem Halbkreis verbundenen vollständigen Kreises geführt wird.

Man kann auch eine Alhidade (*ʿIdâḍa*, Stange mit zwei zu ihr senkrechten Ansätzen) aus hartem Holz machen, man gibt ihr die Gestalt der Alhidade des Astrolabs (s. Fig. 121). Sie ist länglich und hat viereckigen Querschnitt. Ihre Länge ist so grofs, wie diejenige der Türen der Uhr. An ihren Enden hat sie aus ihr selbst gearbeitete, nach der Wand der Uhr umgebogene Stücke; diese gleichen den Stiften[1]) der Alhidade des Astrolabs. Den Klotz, in dem sich das innere Ende der Achse dreht, bringt man genau in ihrer Mitte gegenüber der Achse mit Nägeln und Leim (*Ġara*) an. In den Köpfen der umgebogenen Enden macht man je ein Loch, das durch das ganze umgebogene Stück bis zu der Wand der Uhr hindurchgeht. Gegenüber diesen Löchern bohrt man in die Wand der Uhr ebensolche und steckt durch die ersten und zweiten Löcher dicke eiserne Nägel. Diese sind so lang, dafs sie von aufserhalb der Uhrwand bis über die Enden der Alhidade innen heraustreten. Man läfst von ihnen Stücke stehen und macht in diese Stücke Einschnitte, in die man dann Splinte einsteckt, die die Alhidade festhalten. Man kann auch die Nägel umgekehrt einstecken und die Splinte auf der anderen Seite anbringen. Weiter läfst man von dem Dach der Uhr ein Seil bis gegenüber von der

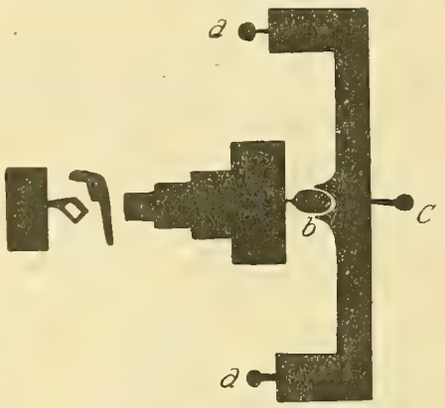


Fig. 121.

Es steht bei *a a*: ein Nagel aufserhalb der Uhr, der die Alhidade festhält; *b*: Klotz, in dem die Achse sich befindet; *c*: der Nagel, der sich an dem Seil befindet, das selbst an der Alhidade sich befindet.

[1]) An Stelle des Wortes Stift (*Schaṭba*) hat Abschnitt II Absehe (*Hadafa*).

Mitte der Achse herabhängen, schlägt dort [in die Alhidade] einen Nagel ein und befestigt an ihm das Seil.[1])

Man kann auch die früher erwähnte Schraube am Ende dieses Seiles anbringen gegenüber von dem Pol (Achse) der Alhidade, damit man das Seil mit ihr spannen kann.

Herstellung des Schlittens (*Hilâl*,[2]) Fig. 122). Zunächst mifst man die Strecke aus, längs deren sich der Schlitten vom Anfang des Tages bis zu dessen Ende bewegt. Dabei mufs man den Irrtum vermeiden, dafs man den ersten der zwölf Teile [in die man diese Strecke teilt] zum Anfang der Teilung macht. Man mufs vielmehr von der ersten Türe aus [nach links] eine Strecke abmessen, auf der der Schlitten sich bewegen kann. Man macht diese gleich einem der Teile, die für die Türen bestimmt sind. Dementsprechend wird unten das Brett an der Uhrwand wie üblich ausgesägt (s. oben S. 204). Der Grund hierfür liegt darin, dafs der Daumen, der die Türe öffnet, sich [ursprünglich] am Anfang dieses Teiles befindet, damit sein in die Höhe stehender Teil sich gerade vor der Mitte der Türe befindet, wenn er zu dem Sperrhaken kommt, diesen zur Seite stöfst und so die Türe öffnet. Dazu macht man die Länge der Grundplatte *I* des Schlittens zu zwei Dritteln eines Teiles oder länger und die Breite gleich zwei Fingern,[3]) sie hat also eine rechteckige, nicht quadratische Gestalt. Hierauf schiebt man das eine Ende des Schlittens unter einen der Sperrhaken, die die Türe festhalten, und lötet eine auf dem Schlitten senkrecht stehende Platte *II* (den Daumen) an, die den Sperrhaken zur Seite schieben soll; dazu erhebt

---

[1]) Dies Seil hat wohl den Zweck, die Mitte der Alhidade nach Bedarf zu heben und so dem Klotz genau die richtige Höhe zu geben, und zwar ist es um eine Schraube geführt, damit die Hebung gleichförmig erfolgt.

Das Ganze ist wenig klar geschildert. Eine einfache Skizze des Verfassers hätte die Deutung des Textes erleichtert.

Auch in Abschnitt II ist die Schraube ausführlich geschildert. Es heifst dort ebenfalls wenig verständlich:

Nach Fertigstellung der *ʿIdâḍa* macht man die *Halazûn* (Schnecke). Dies ist eine Schraube aus viereckigem Holz. Man nagelt für sie gegenüber dem Klotz für die Achse auf der Rückseite der Alhidade nach innen einen Nagel; an ihn bindet man vier Fäden, diese werden nach der Schraube von vier Seiten in die Höhe gezogen. Mit der Schraube, die sich in der Mitte dieser Fäden befindet, die sich auf sie wickeln, ist am Ende ein an der Decke aufgehängtes Seil verbunden. Werden die vier Fäden an dem Nagel festgebunden und die Schraube angezogen, so hebt sich die Alhidade; sie und das Ende der Achse werden gleichsam zu einem Ganzen. Sie wird mit dem Kreis und dem Halbkreis der Nacht fest verbunden; sie dreht sich ohne Erschütterung.

Man kann auch das Seil von der Decke bis gerade gegenüber von der Achse herabhängen lassen, dort ist eine Schlinge gemacht, man hängt die Alhidade auf und dreht sie an dem Seil, bis sie zu der gewünschten Höhe emporgehoben ist.

[2]) In dem Abschnitt II heifst es: Der *Hilâl* (wörtlich Mondsichel) ist der Name, der dem ganzen länglichen Körper gegeben wird, d. h. der Maus (*Fa'ra*), weiter der Mondsichel, die aufserhalb der Uhr zu sehen ist, dann dem Ring (*Zîk*), der die Türen öffnet und der gewöhnlich der Daumen (*Bazjûn*) heifst. Die Gestalt des *Hilâl* selbst ist die einer Art Standarte, die vergoldet ist und die auf einem senkrechten Stab angebracht ist. Man sieht ihn an der Aufsenseite der Uhr.

[3]) Weiter vorne ist als Breite der Schlittenbahn und somit des Schlittens 4 oder 5 F. angegeben.

diese sich entsprechend über die tiefste Stelle des Sperrhakens. Hierauf bezeichnet man die Stelle, die sich zu dieser Zeit unter dem Zapfen, d. h. der Mitte der Türe befindet. Diese macht man auch zur Mitte der Grundplatte (*I*), indem man die Platte *II* weiter nach vorne oder nach rückwärts anlötet.[1]) An dieser Stelle lötet man auf die Grundplatte eine weitere Platte *III*; sie ist dünn und hat die Breite eines Handfingers (*Iṣbaʿ al Jad*). Ihre Länge nach der äufseren Seite der Uhr ist in der Quere so grofs, dafs sie bis zu dem Ende des Daches des Hauses der Gewichte reicht. Dort lötet man auf sie einen dünnen, vergoldeten Stab aus Kupfer, der einen Finger breit ist. Von ihm bis zum Daumen ist ein Abstand, der der Hälfte einer Stunde entspricht. Der Stab steht senkrecht auf der Grundplatte und ist $^2/_3$ so hoch wie die Türe, er steht aufserhalb. Auf seinem oberen Ende trägt er eine Mondsichel aus rotem Kupfer.

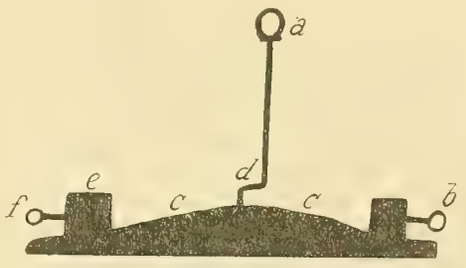


Fig. 122.

Es steht bei *a*: die aufsen befindliche Mondsichel; *b*: der Ring, an dem sich das Ende des Seiles befindet, das sich auf dem gröfseren Rad befindet; *c*: das Blei auf der Platte, das die Maus heifst; *d*: die Stelle oberhalb der äufseren Schwelle; diese Stelle bewegt sich oberhalb dieser Schwelle und liegt höher als sie, damit die Schwelle nicht den Schlitten an seiner Bewegung hindert. Diese Schwelle ist es, welche ihn verhüllt. Ihr oberes Ende befindet sich gegenüber der unteren inneren Schwelle (das kurze Stück bei *d* steht senkrecht zur Ebene der Zeichnung); *e*: der Daumen (*Bazjûn*); er öffnet die Türen, indem er an die Sperrhaken anstöfst; *f*: der Ring, der sich an dem Seil befindet, das von unterhalb der unteren Rolle in die Höhe geführt und über die obere Rolle gelegt wird, die sich oberhalb der ersteren in dem Winkel am Dach befindet.

Zweckmäfsig macht man die in der Mitte der Grundplatte, d. h. der Maus, angelötete Platte *III* entsprechend länger und biegt sie, wenn sie der Quere nach nach aufsen an das Ende des Hauses der Gewichte angelangt ist, nach oben senkrecht bis auf zwei Drittel der Höhe [der Türen] um.[2])

Unten an der vertikalen Platte (dem Daumen), die der Hahn (*Bazjûn*) heifst, bringt man einen Ring an, in dem das Seil des Gewichtes des Tages befestigt wird (s. w. u.). Auch auf der anderen Seite der Maus bringt man eine vertikale Platte *IV* an, die halb so hoch wie der Daumen ist; an ihrem unteren Ende befindet sich ein Ring; in ihm wird das Seil befestigt, dessen Ende auf dem gröfseren Tagesrad befestigt ist. Man schmilzt dann Blei und gieſst es auf die Mitte der Grundplatte, um diese zu beschweren, damit sie bei ihrer Bewegung nicht etwa in die Höhe springt und damit sie nicht unter Erschütterungen leidet. Durch dieses Gewicht haftet die Platte stets fest an der Bahn des Schlittens. Dem Gewicht gibt man unten eine breite, oben eine schmale Gestalt, ähnlich einer Maus (*Fa'ra*); man nennt sie daher auch so. Sie liegt zwischen dem Daumen und der anderen,

[1]) Das ist nur möglich, wenn der Schlitten länger ist als eine Türlänge, da *Riḍwân* früher schreibt, dafs der Daumen im Moment des Öffnens genau unter den Rand der Türe gelangt sein soll.

[2]) d. h. man macht nicht einen besonderen Stab, sondern stellt das Ganze aus einem Stück her. Nach den Fig. 122 und 123 sowie deren Beischriften hat diese „Platte“ jedoch nicht nur eine einmalige Umbiegung nach oben, sondern verläuft wegen der äufseren Schwelle längs einer mehrfach gebrochenen Linie.

kürzeren vertikalen Platte. Die Maus, d. h. die Bleischicht, darf aber nicht zu hoch sein, da sie sonst auf die Sperrhaken trifft, die die Türe festhalten, ehe der Daumen dorthin gelangt ist. Die Türe würde sich dann öffnen und die Stunden vor der Zeit abgelaufen erscheinen. Befindet sich zwischen ihnen ein Zwischenraum und trifft weder die Maus noch etwas anderes an die Sperrhaken, so ist das das Beabsichtigte. Der Daumen steht über die Maus etwa ein Daumenglied vor, so viel, dafs er, wenn er zum Sperrhaken gelangt, soweit über diesen vorsteht, dafs er ihn zur Seite stofsen kann.

Man beobachtet nun die Bewegung des sichtbaren Schlittens und des Daumens, indem man ihn mit der Hand zieht. Werden dann die Sperrhaken gelöst und die Türen zu der Zeit geöffnet, wo die Mondsichel gerade vor der Mitte der Türen steht, dann ist alles vollkommen in Ordnung; ist das nicht der Fall, so mufs man die Arbeit von neuem in die Hand nehmen.

Als Seile an beiden Enden des Schlittens, dem Ende der Maus, dem Halbkreis der Nacht und an anderen Stellen nimmt man sechsfache Seile (s. S. 43); nur das Seil an dem Kreis der Stunden der Nacht ist dicker. Unten am Daumen auf der linken Seite befestigt man dann ein sechsfaches, langes Seil und ebenso an dem Ring auf der anderen Seite.

Hierauf macht man die Rollen[1]) aus gutem, altem (*ʿatîq*), hartem Holz der Steineiche (*Sindijân*). Man versieht sie mit tiefen Rinnen, damit die Seile nicht aus ihnen heraustreten. In der rechten Ecke bringt man eine grofse horizontale (*basîṭ*)

[1]) Im Abschnitt II sind die Rollen zusammenfassend behandelt. Ich gebe hier den betreffenden Abschnitt:

Die Rollen der Uhr des Tages. Von ihnen, die man an den verschiedenen Stellen der Uhr anwenden mufs, sind vier besonders wichtig.

1. Die erste befindet sich in dem oberen Winkel fast genau oberhalb der ersten Richtung (*Samt*) der Uhr (dies bedeutet wohl: über dem Anfang der Uhr, d. h. also der Bahn des Schlittens). Sie steht senkrecht. Um sie ist das eine Ende des Seiles des Schlittens gelegt; an ihr hängt das Spanngewicht des Tages. Sein anderes Ende befindet sich an dem Daumen des Schlittens.

2. Die zweite Rolle ist die aufrechte (*qâʾima*) Rolle unter dieser. Um sie ist das eben erwähnte Seil herumgelegt, indem es unter ihr zu der über ihr befindlichen Rolle geht.

3. Die dritte Rolle befindet sich an der Ecke, die sich am Ende der Uhr befindet, sie heifst *basîṭa* (horizontale), da sie horizontal (*masṭûḥ*) (d. h. ihre Achse vertikal) ist. Man legt um sie das Seil des Schlittens, das dann zu dem gröfseren Rad geht, um das es gelegt ist.

4. Die vierte Rolle ist diejenige, um die das Seil läuft, das um das kleine Rad [des Tages] gelegt ist; es geht über diese Rolle nach unten. Befestigt ist sie an dem Gewölbe *Ṭauq* [über dem Hauptbehälter] und das Seil ist mit der Kette für den Tag am Schwimmer im Hauptbehälter verbunden. Diese Rolle ist streng genommen nicht nötig, wenn das Gewölbe, in dem das Seil hinabgeht, weit ist und die Stelle des Umfanges des Rades [von der das Seil senkrecht nach unten geht] genau der Mitte des Gewölbes entspricht. Dann streift das Seil nicht an das Gewölbe an. Ist das Gewölbe aber irgendwie eng oder steht es dem Umfang des kleinen Rades nahe, so dafs das Seil nicht in der Mitte des Gewölbes hindurchgeht, so mufs man die Rolle unbedingt anbringen, da sonst das Seil sich an den rauhen Teilen des Gewölbes abschabt und zerreifst.

Die anderen Rollen werden entsprechend an vorhandenen Ecken in der Nähe der Wände verwendet. An jeder Ecke bringt man eine Rolle an. Ihre Zahl entspricht also der Zahl der Ecken.

Rolle in der Mitte einer Gabel (*Ḍabba*) an. Die Gabel hat vorspringende Stellen, an denen man sie an dem Brett der Decke des rechten Hauses der Kugeln festnagelt. In der Mitte der Gabel macht man die Rolle mit einem Nagel fest, um den sie sich dreht. Die Gabel mufs aber auf der Seite sich befinden, auf der das Seil sich nicht aufwickelt, damit das Seil nicht an seinem Fortschreiten gehindert wird. Besteht nach diesem Winkel noch ein anderer oder ein Vorsprung, so bringt man dort eine entsprechende Rolle oder auch eine gröfsere an. Ferner bringt man auf der linken Seite eine senkrechte Rolle an, die wiederum in einer Gabel steht. In der Mitte befestigt man sie mit einem Nagel in der Wand der Uhr, um den sie sich dreht. An dem Vorsprung des Daches, genau oberhalb dieser Rolle bringt man eine zweite senkrechte, genau gleiche Rolle an. Dann zieht man das Seil, das sich an dem Ring des Daumens befindet, unterhalb der ersten unteren Rolle hindurch, läfst es zu der oberen Rolle gehen, führt es über diese fort und biegt es nach unten um. Unten bringt man ein flaches Gewicht aus Blei von 3 *Ûqîja*[1]) an. Es soll dünn sein, damit seine Fläche nahe an der Wand sein kann und es leicht in die Höhe steigt.

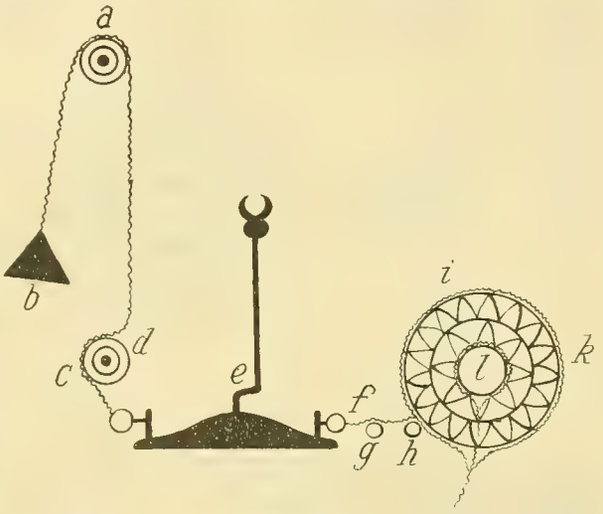


Fig. 123.

Es steht bei *a*: die oben befindliche Rolle, über die das Seil geht; *b*: das Spanngewicht des Tages; *c*: das Seil, das unterhalb der Rolle in der Ecke vorbeigeht; *d*: die Rolle in der Ecke; *e*: hier darunter ist das Ende der äufseren Schwelle, man erhöht diese Stelle, damit nicht die Bewegung [des Schlittens] gehindert werde; *f*: der Faden (*Chait*); *g*: die Rolle in der Ecke; *h*: die Rolle des *'azîz* (?), es ist eine Leitrolle (das Wort ist nicht deutlich zu lesen); *i*: das vereinigte grofse und kleine Rad; *k*: das grofse Rad; *l*: das kleine Rad.

Wir haben schon erwähnt, dafs dazu das Dach höher sein mufs, als die Länge der Türen und zwar eben wegen dieses Seiles. Denn wäre das Dach niedriger, so wäre das Seil zu kurz, als dafs der Daumen seine Bewegung vollenden kann.

Hierauf macht man die beiden Räder für den Tag (Fig. 123). Man mifst zunächst die Länge der zwölf Stunden, die der Daumen vom Anfang des ersten Teiles bis zum letzten, vom Anfang des Tages bis zu dessen Ende durchläuft, mittels eines Fadens ganz genau aus. Man macht dann ein Rad aus einem Brett aus leichtem, sehr trockenem Holz, dessen Umfang so lang ist wie die erwähnte Strecke, nachdem es mit einer Rinne versehen ist, in die das erwähnte Seil gelegt wird. Dann ist der ausgehöhlte Teil gleich der Länge der abgemessenen Teile. Wenn ein Fehler begangen wird, so macht man lieber das Rad zu grofs und nicht zu klein (s. oben), da man so am Schlufs nachhelfen kann. Dieses

[1]) Die *Ûqîja* des *Raṭl* von Damaskus, um die es sich doch wohl hier handelt, hat 150 g. Sonst wechselt das Gewicht sehr.

Rad soll sehr leicht sein, damit seine Umdrehung nicht schwer ist; man macht es daher aus einem Kreis, der in der Mitte leer ist (einem Kreisring), wie dies auch bei den Wasserrädern der Fall ist. Dann bringt man einen kleinen Kreis genau in die Mitte des grofsen. In den Zwischenraum zwischen ihnen bringt man kreuzweise Bretter an, die beide miteinander verbunden (*sallab*) sind. Das kleine Rad macht man auch aus leichtem, trockenem Holz; es ist eine Vollscheibe, deren Durchmesser ein Drittel so grofs als derjenige des grofsen Rades ist; er kann auch etwas kleiner oder gröfser sein. Dreht sich nun der kleine Kreis um eine ganze Umdrehung, so ist das auch bei dem grofsen der Fall. Man sieht dies, wenn man einer Linie auf dem kleinen Kreis gegenüber ein Zeichen macht und ebenso einer Stelle des grofsen gegenüber. Dreht man dann den kleinen Kreis, bis die Linie wieder an das Zeichen gelangt, so ist das entsprechende auch bei dem grofsen der Fall.[1])

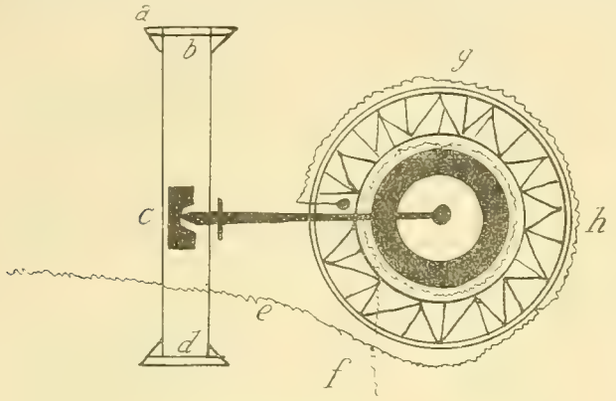


Fig. 124.

Zunächst ist zu bemerken, dafs gegenüber der Hauptfigur der Pfosten hier links statt rechts gezeichnet ist. Es steht bei *a*: hier wird das Brett angebracht, das zwischen ihm (dem Ende des Pfostens *ʿIrnâs*) und dem Brett, das sich auf der Wand befindet, die Verbindung herstellt; *b*: das obere Ende des Pfostens; *c*: der Klotz, in dem sich die Achse dreht; *d*: das untere Ende des Pfostens; *e*: Ende des Seiles des Schlittens; *f*: Seil zum Schwimmer *I*; *g*: das gröfsere Rad; *h*: Ort für das Brett, das hinter ihm angebracht wird. — In dieser Figur ist im Gegensatz zu den Angaben des Textes und zu Fig. 123 der Durchmesser des kleinen Rades $^1/_2$ statt $^1/_3$ desjenigen des grofsen Rades.

Man beobachtet nun den Schlitten, während er vom Anfang der 13 Teile bis an das Ende der Bahn gelangt. Wird diese Strecke während einer Umdrehung der Räder durchlaufen, so ist alles in bester Ordnung.[2]) Bleibt aber ein Stück der obigen Strecke übrig, so sind die Räder zu klein; hat aber der Schlitten die ganze Strecke durchlaufen, ehe das Rad eine volle Umdrehung gemacht hat, so ist dies zu grofs. Man mufs dann dementsprechend Änderungen treffen.

Über die Bretter, welche die Räder verbinden (Fig. 124). Sie sollen eine schöne Gestalt haben und dünn sein. Man setzt sie kreuzweise zusammen, damit sie leicht sind, und verbindet sie fest untereinander. Das kleine Rad ist dreimal so dick, wie das grofse. Es springt dann über letzteres hervor und auf den überstehenden Teil wird das Seil gewunden, an dem der Schwimmer *I* (*Ṭafâf*) an einer Kette aufgehängt wird. Infolge der Dicke reicht das kleine Rad auch bis zu dem Pfosten (*ʿIdâḍa*), an dem der Klotz für die Achse [des Tages] befestigt ist.[3]) ʿIn dem kleinen Rad befestigt man sorgfältig eine Achse aus

[1]) Es ist bemerkenswert, dafs der Verfasser es für nötig hält, dies auszuführen.

[2]) Der Umfang des grofsen Rades ist, wie auch im Abschnitt II bemerkt ist, gleich der Länge der Bahn des Schlittens.

[3]) Es ist dies natürlich eine andere *ʿIdâḍa* als diejenige, welche den Klotz für die Achse der Stunden der Nacht trägt.

gegossenem Kupfer, deren mitlerer Teil viereckig ist; sie befindet sich auf derjenigen Seite der beiden Räder, die nach der Wand[1]) zu liegt. Diese Achse liegt in der Mitte der beiden Räder und springt nach dem Pfosten um zwei Finger vor.

Der Pfosten (*ʿIdâḍa*) hat die Gestalt des Pfostens (*ʿIrnâs*) an Geländern (*Darâbzîn*). Seine Enden sind breit, die Mitte eingezogen, er ist kegelförmig und von schöner Gestalt. In seiner Mitte, genau gegenüber der Achse der Räder des Tages, bringt man einen Klotz aus gegossenem Kupfer an, der auf die Länge des Endes der Achse ausgebohrt ist; diese dreht sich dann mit ihrem konischen (*machrûṭ*) Ende in dem Klotz. Das untere Ende des Pfostens nagelt man dann auf der Bank (*Maṣṭaba*, s. S. 202), auf der sich das Seil des Schlittens bewegt, fest. Oben nagelt man den Pfosten mittels eines Brettes fest an die Wand, bis dies alles fest und sicher steht. Das Rad mufs sich in einem freien Raum drehen, damit es durch nichts von unten oder von den Seiten in seiner Bewegung gehindert werde.

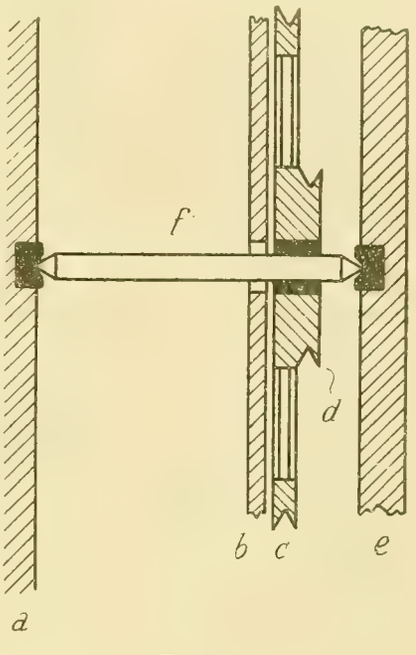


Fig. 125.

Es ist *a*: Wand mit Klotz; *b*: Brett zur Führung; *c*: grofses Tagesrad; *d*: kleines Tagesrad; *e*: Pfosten; *f*: Achse der Räder.

Der Pfosten mufs genau dem Gewölbe (*Ṭâq*) entsprechen [durch das die Kette zu dem Schwimmer geht], damit die Seile zu den Ketten genau in der Mitte des Gewölbes verlaufen, ohne dafs sie festgehalten werden. Hinter dem grofsen Rad bringt man noch ein dünnes Brett[2]) an, das so grofs, wie es selbst oder etwas gröfser ist; dies soll so glatt wie möglich sein und das grofse Rad soll sich auf ihm ohne Hindernis drehen.

Die Drehung in dem Klotz soll eine leichte, mit keinen Schwierigkeiten verbundene, sein.

Hierauf wickelt man ein sechsfaches Seil einige Male um das kleine Rad. Mein Vater nagelte an den Rand eines jeden der beiden Räder eine Kette, deren Länge gleich dem Umfang der Räder war, und befestigte an sie das Seil; das ist das richtige. Dann setzt man den Schlitten auf den ersten Teil. Den an der Maus befestigten Faden[3]) führt man dem grofsen Rad von unten zu, bindet ihn dort mit einem

[1]) Die Anordnung ist wahrscheinlich folgende: Die Achse dreht sich in einem mit einem runden Loch versehenen Klotz in der Wand, geht dann durch die Mitte der Räder hindurch, ragt nach vorn aus diesen um 2 F. vor und ist am Ende zugespitzt. Dies Ende dreht sich in einem Klotz, der an einem vorne aufgestellten Pfosten befestigt ist. In der Zeichnung (Fig. 124) erscheint dies nach vorne gehende Ende zu grofs.

[2]) Dies ist wieder nicht ganz verständlich. Es ist vielleicht ein Brett, welches das grofse Rad in seiner Lage erhält und als Führung gegenüber der Wand dient. In der Fig. 124 steht ja auch bei *h*: „Ort des Brettes, das hinter ihm hergestellt wird.“ Die Rekonstruktion in Fig. 125 wird jedenfalls ein zutreffendes Bild der Wirklichkeit geben.

[3]) Hier steht Faden „*Chait*“ statt „*Ḥabl*“ Seil. *Riḍwân* bemerkt noch: Wir haben den sechsfachen Faden besprochen, dessen eines Ende sich an dem Schlitten und dessen

dünnen Knoten an das Ende der Kette, die sich am grofsen Rad befindet, fest. Das Anbringen der beiden Fäden auf den beiden Rädern birgt ein schönes Geheimnis und einen feinen Kunstgriff in sich. Man mufs sich davor hüten, hierin einen Irrtum zu begehen. (*Riḍwân* schildert nun sehr umständlich und dadurch unklar die Art, wie die Seile usw. um die Räder laufen. Die Fig. 123 und 124 lassen dies ohne weiteres erkennen.) Wenn dann die Kette auf dem kleinen Rad von rechts nach links geht [und sich abwickelt], so wickelt sich diejenige am Schlitten von links nach rechts auf, so dafs der Daumen zum Rad hingezogen wird. Diese Anordnung rührt, wie ich (*Riḍwân*) am Anfang des Werkes ausgeführt, von meinem Vater her.

Nachdem dieses in Ordnung ist und auch der vollständige Kreis für die Stunden der Nacht und der Halbkreis hergestellt ist, untersucht man, ob der Umfang des kleinen vollkommenen Kreises der Nacht doppelt so grofs ist, als derjenige des kleinen Rades [für den Tag], damit sein halber Umlauf gleich dessen Umlauf ist; danach richtet man es ein.[1])

Hat man die Herstellung des vollständigen Kreises bis zu dieser Zeit hinausgeschoben, so stellt man ihn jetzt her. Das kleine Rad des Tages dient als Norm. Ist dann alles vollkommen fertiggestellt, so beginnt man mit der Prüfung der Stunden des Tages (Uhr des Tages). Man bringt das Mündungsstück an, nachdem man den Daumen auf den ersten Teil gestellt hat. An dem Ende des Seiles, das über das kleine Rad des Tages geht und das man durch das Gewölbe eine Elle herabgesenkt hat, ist eine Kette aus zusammengedrehten Eisendrähten angebracht, sie ist dick und schwer; durch ihr Gewicht soll sie den Faden anziehen und seine Knickungen fortschaffen. Geht diese Kette nahe an dem Rand des Gewölbes vorüber oder reibt sie sich dort, so bringt man dort eine Rolle an und führt die Kette über diese. Man wendet diese Kette [aus Eisen] mit Vorteil an, da sie nahe am Wasser und der Bodenfeuchtigkeit ist und sich doch nicht knickt und verkürzt, wie dies bei Seilen der Fall ist, die sich nahe an feuchten Stellen befinden. Am Ende dieser Kette bringt man einen dicken, verlöteten runden Ring aus Eisen an; in ihn hängt man den Haken des Schwimmers (*Tafâf*). Das Seil wird so um das Rad gewickelt, dafs es, wenn der Schwimmer an ihm zieht, herabsinkt, sich abwickelt und dabei das Rad dreht.

Das Mündungsstück macht man aus Onyx (*Gaz*ʿ) oder Karneol (ʿ*Aqîq*) oder aus Gold; dies sind nämlich Substanzen, deren Durchbohrungen nicht mit der Zeit weiter werden und bei denen das austretende Wasser keine solchen Spuren hinterläfst, dafs man mit ihnen im Laufe der Zeit rechnen mufs; letzteres ist aber unbequem. Hat

anderes sich auf dem zusammengezimmerten Rad befindet. Er ist mit der Kette, die sich auf dem obigen Rad befindet, durch zwei Haken verbunden, von denen sich der eine an der Schnur, der andere an dem Seile befindet. Man kann auch das Seil direkt auf dem Rad ohne Zwischenschaltung einer Schnur annageln.

[1]) Die Sache verhält sich folgendermafsen: der Umfang des kleinen Rades für den Tag ist gleich der Strecke, um die der Schwimmer in zwölf Stunden sinkt. An dem Schwimmer wird nachts das um den vollkommenen Kreis der Nacht geschlungene Seil befestigt. Soll sich dieser Kreis in zwölf Stunden ein halbes Mal umdrehen, wie es der Fall ist, wenn der Halbkreis die zwölf Scheiben in den zwölf Nachtstunden enthüllt, so mufs der Umfang des vollkommenen Kreises doppelt so grofs sein, wie der Umfang des kleinen Rades für den Tag. Oben ist übrigens schon eine Prüfung vorgenommen.

man die erwähnten Substanzen nicht, so nimmt man Kupfer oder eine andere Substanz. In das Mündungsstück macht man eine sehr feine Öffnung, die man dann zur Zeit der Prüfung beliebig erweitern kann.

Prüfung der Uhr. Dann spannt man die Seile und die Fäden und verknüpft sie sorgfältig mit den Ketten, damit sie sich nicht dehnen. Hierauf setzt man das Mündungsstück an Ort und Stelle, dichtet seine Umgebung ab und füllt Wasser auf. Hierauf stellt man den unter dem Mündungsstück befindlichen Zeiger auf dasjenige Tierkreiszeichen ein, in dem sich die Sonne befindet. Dann füllt man den Hauptbehälter, wie es in dem Kapitel über das Inbetriebsetzen der Uhr beschrieben ist. Das Wasser läfst man aus dem Mündungsstück fliefsen von dem Erscheinen des Hornes (Randes, *Qarn*) der Sonne und deren Aufgang bis zu ihrem Untergang. Dies braucht man nur an zwei Tagen durchzuführen, wenn die Uhr richtig die Mittagszeit angibt, in dem Augenblick, in welchem die Sonne durch den Meridian geht. Das werden wir alles beim Inbetriebsetzen berichten. Dann prüft man den Zustand nach den dort gemachten Angaben. Es hier sowohl wie dort zu erwähnen, würde langweilen.

Fällt der Sonnenuntergang zusammen mit der Zeit, zu der der Schlitten mit dem Daumen zu dem die zwölfte Türe festhaltenden Sperrhaken gelangt ist und diese öffnet, so ist alles vortrefflich. Gelangt er aber vor Sonnenuntergang hin, so ist das Loch zu weit, und man macht ein engeres als das benutzte Mündungsstück. Geht die Sonne aber früher unter, so ist das Loch zu eng und man mufs es weiter machen. Dies geschieht mit einem Eisendraht, auf den man Öl und gut zerriebenen Schmirgel gebracht hat, wenn das Mündungsstück aus Onyx oder Karneol besteht. Besteht es aber aus Gold oder Kupfer, so erweitert man das Loch mit einer dünnen, viereckigen Reibahle (*Miṯqab*). Man setzt die Beobachtungen fort, erweitert das Mündungsstück oder nimmt ein engeres, bis der Daumen die oben erwähnte Strecke von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang durchläuft.

Den Hauptbehälter mufs man genau zur Zeit des Sonnenaufganges gefüllt haben. Dann beobachtet man die erste Stunde, zu der der Daumen den Sperrhaken öffnet, mit dem Astrolab. Man bestimmt mit diesem die Höhe für diese Stunde, sind sie gleich, so ist die Sache in Ordnung.[1]) Ist das nicht der Fall, so gieſst man entsprechend Wasser zu oder nimmt welches fort. Man kann für alle Stunden als richtig erproben, ob der Daumen sich bis zum Mittag richtig bewegt. Das werden wir zur Zeit des Inbetriebsetzens behandeln; hier teilen wir das unumgänglich nötige mit. Man bestimmt durch die Höhe der Sonne den Mittag [an dem betreffenden Tag], stellt den Daumen zu dieser Zeit gegenüber dem Sperrhaken der sechsten Stunde auf und prüft, ob er beim Sonnenuntergang an den zwölften Sperrhaken gelangt ist oder nicht. Je nachdem läfst man das Mündungsstück unverändert, erweitert es, oder ersetzt es durch ein engeres.[2]) Entsprechend beobachtet man auch die Nachtstunden (vgl. w. u.), damit das Mündungsstück bei Tag und Nacht richtig funktioniert.

Kann man zufällig die Uhr an einem Orte aufstellen, der für ihre Gröfse einen Spielraum läfst, so ist die Herstellung des Mündungsstückes leichter. Man gibt

[1]) d. h. es mufs die mit dem Astrolab aus der gegebenen Sonnenhöhe bestimmte erste Stunde dem Zeitpunkte, zu dem die Türe sich öffnet, entsprechen.

[2]) Diese Schilderung ist durch ihre Umständlichkeit nicht besonders klar.

dann der Öffnung des Mündungsstückes eine gewisse Gröfse; dabei ist es günstiger es weit als eng zu machen, da bei letzterem der Austritt des Wassers schwieriger ist und schon ganz kleine Mengen dichter Körper im Wasser das Loch verstopfen. Dann bringt man das Mündungsstück an, stellt die beiden Räder des Tages, die Bahn des Schlittens, die Seile auf. Dann nimmt und teilt man die Länge der Bahn entsprechend der Gröfse des Mündungsstückes.[1]) Dazu verfährt man folgendermafsen. Man stellt den Schlitten an den Anfang der Strecke, auf der dann die Stunden von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang aufgetragen werden. Dann läfst man das Wasser während dieser Zeit auslaufen und teilt die vom Schlitten durchlaufene Strecke in zwölf Teile. Einen dreizehnten Teil teilt man von der Stelle an ab, an der sich der Daumen vor Sonnenaufgang befindet, bis dahin, wohin er zur Zeit der ersten Stunde gelangt. Die Teilstriche sollen alle mit den Mitten der Türen zusammenfallen; der erste Teil liegt vor der ersten Stunde um eine halbe Türbreite und der letzte in der halben Türbreite. Man öffnet dann in der Wand, wie ausgeführt, die Stelle, auf der sich der Schlitten mit dem Daumen bewegt, um einen weiteren Teil, damit der Daumen sich [zu Beginn des Tages] am Anfang dieses Teiles befindet und die sichtbare Mondsichel eine halbe Türbreite vor dem Rand der ersten Türe.

Ist dann der Daumen bis zum ersten Sperrhaken gelangt, so befindet sich die Mondsichel gegenüber der Mitte der ersten Türe.

Analog konstruiert man das kleine Rad des Tages, das auf dem grofsen befestigt ist [sowie das grofse selbst], wenn man den Ausflufs des Wassers während des Tages [und die Länge der Bahn des Schlittens] zugrunde legt. Man mifst mit einem Faden, um wieviel das Wasser des Hauptbehälters in dieser Zeit gesunken ist, und macht den Umfang des kleinen Rades gleich dieser Länge, dann mifst man die vom Daumen durchlaufene Strecke und macht den Umfang des grofsen Rades so grofs wie diese. Die Richtigkeit dieser Konstruktionen wird so geprüft, dafs man an dem Strick des kleinen Rades den Schwimmer anhängt, auf dem Rad ein Zeichen macht und ebenso eines an der Wand und prüft, ob das Rad genau während eines Tages einmal umläuft oder nicht. Je nachdem macht man das kleine Rad gröfser oder kleiner.[2])

Herstellung der beiden Kreise für die Nacht (s. auch S. 220), nämlich des Halbkreises und des vollständigen Kreises und zwar im Verhältnis zu dem grofsen und kleinen Rad des Tages.[3]) Man macht die „Länge“ des Halbkreises der Nacht (es ist dies der halbe Umfang des entsprechenden vollständigen Kreises), der die zwölf Scheiben nach und nach erscheinen läfst, gleich dem ganzen Umfang des grofsen Rades für den Tag und den halben Umfang des vollständigen Kreises, der für die

---

[1]) Diese Methode ist überflüssig; man kann auch bei gegebener Bahnlänge ein beliebiges Mündungsstück innerhalb gewisser Grenzen verwenden, wenn man, wie weiter unten erwähnt, den Umfang des grofsen Rades gleich dem vom Schlitten zu durchlaufenden Wege und den des kleinen Rades gleich der Strecke macht, um die der Schwimmer während eines Tages sinkt.

[2]) Das ist eigentlich überflüssig, da das richtige Funktionieren nur von dem Gröfsenverhältnis der Räder, aber nicht ihrer Gröfse selbst abhängt. Es wäre ganz gleichgültig, wenn die Räder mehr oder weniger als gerade eine Umdrehung in zwölf Stunden machten.

[3]) Hierzu s. oben S. 232.

Nachtstunden bestimmt ist, gleich dem vollständigen Umfang des kleinen Rades des Tages.[1]) Die übrigen Teile der Uhr stellt man, wie erwähnt, zusammen.

Für die Herstellung der Uhr haben wir also zwei Methoden:

1. Man stellt die Türen, die Teilung, die Bahn für den Schlitten usw. zunächst her und richtet danach die Gröfse der Öffnung des Mundstückes ein.

2. Man stellt zunächst die Wasserapparate und das Mündungsstück her und richtet danach alles andere bis auf die Räder ein.[2])

Man kann den einen oder anderen Weg einschlagen. Beide bieten im Vergleich miteinander in gewisser Hinsicht Schwierigkeiten, in anderer ist die eine bequemer als die andere. Doch ist der zweite Weg der leichtere, man kann ihn dann freilich nicht anwenden, wenn der Raum, auf dem die Uhr aufgestellt wird, keine Vergröfserung zuläfst; dann mufs man den ersten Weg benutzen und das Mündungsstück entsprechend der Länge der Bahn ändern. Hat man aber mit dem Platz einen gewissen Spielraum, so benutzt man die zweite Methode. Beide sind aber ähnlich bei der Herstellung des grofsen Rades, bei der Bestimmung des Verhältnisses seiner Gröfse zu dem für die Türen bestimmten Raum sowie für die Prüfung des kleinen Rades.

Dieser Unterschied zur Zeit der Prüfung der Umdrehung verschwindet aber später.

Archimedes hat bei der Beschreibung seiner Uhr auch von der Eichung (*Mu'ajjar*) des Mündungsstückes nach gleichmäfsigen Stunden gehandelt. Seine Entwicklungen sind aber für alle aufserhalb des Äquators gelegenen Orte falsch. Die Menge unserer Zeitgenossen billigt seine Ansicht, sie verstehen aber nicht was gesagt wird, und sind auch nicht darüber klar, was sie selbst sagen. Der Irrtum liegt darin, dafs die gleichmäfsige Stunde 15 Grad entspricht.[3]) Hat man das Mündungsstück nach gleichmäfsigen Stunden geeicht, so entsprechen der Vollendung der zwölften Stunde 180°. Die höchste Erhebung, die zu Mittag eintritt, ist dann 90°. Dies tritt aber nur an den Orten am Äquator ein. An anderen Orten erreicht die Erhebung nicht diesen Betrag. Hat man das Mündungsstück nach dem erwähnten Mafse geeicht, so ist es sehr weit und taugt nichts. Die Erhebung von 90° wird aber in unseren Klimaten (in Damaskus usw.) selbst an den längsten Tagen nicht erreicht. Wie kann man dann aber das Mündungsstück nach gleichmäfsigen Stunden eichen, aufser am

[1]) Der Umfang des Halbkreises der Nacht ist, da dieser mit dem vollständigen Kreis verbunden ist, für den Gang der Uhr gleichgültig.

[2]) Im vorhergehenden ist auch als dritte Möglichkeit erwähnt, dafs man die Räder nach der Gröfse der Bewegung von Schlitten und Schwimmer dimensioniert. Es kommt aber anscheinend dem Verfasser dies gar nicht zum Bewufstsein, obwohl dieser Weg der einfachste wäre.

[3]) Es scheint, dafs im folgenden von *Riḍwân*, bzw. dem Abschreiber zwei Bedeutungen von „Höhe der Sonne" durcheinander geworfen sind, einmal dafs die Höhe als vertikaler Bogen von dem Horizont gerechnet wird und dann, dafs sie dem Abstand der Sonne vom Horizont auf dem von ihr beschriebenen Kreise entspricht. Im letzteren Falle ändert sich der Abstand stets um 15 Grad für die Stunde (s. w. u.). Herr Dr. Würschmidt hat die Erhebungen der Sonne in der ersten Stunde in Damaskus ($\varphi = 33°$) zu berechnen die Güte gehabt wenn die Sonne im Widder bezw. im Krebs steht, im ersten Falle findet er 12° 32′, im zweiten 13°. Die unten angegebenen Zahlen können also auch nicht diese Gröfsen bedeuten.

Die ganze Stelle ist z. T. nicht richtig, z. T. ist die Darstellung sehr unbeholfen.

Äquator? Was diese täuscht, ist, dafs, wenn das Mündungsstück für gleichmäfsige Stunden gemacht ist, man dadurch, dafs man es nach oben und unten an dem Kreis für den Zodiakus dreht, den Ausflufs des Wassers so regelt, dafs dem Unterschiede zu den verschiedenen Zeiten Rechnung getragen wird.

Die, welche diese Ansicht haben, begehen einen schweren Irrtum. Hat man das Mündungsstück auf den Anfang des Widders im Kreis gesetzt, — es ist die Stelle, wo das Wasser am gleichmäfsigsten ausfliefst, aufser am Äquator —, so beträgt die Erhebung für jede Stunde 13° und eine Anzahl von Minuten und erreicht nicht 15°. Dreht man das Mündungsstück nach dem Krebs, dem längsten Tag, so ist die Erhebung 14° und eine Anzahl von Minuten und nicht 15°. Nach der von uns geschilderten Methode erhält man mit dem Mündungsstück die genauesten Resultate; deshalb haben wir nicht die andere [von Archimedes] gewählt. Man mufs daher nach unserer Ansicht das Mündungsstück nach einer der von uns gegebenen Methoden einrichten. Der Zodiakus, gegen den sich das Mündungsstück dreht, wird in allen Breiten in gleicher Weise hergestellt, denn der Anfang des Widders und der Wage verhalten sich unter allen Breiten gleich.[1]) Zwischen dem Anfang des Krebses und des Steinbocks besteht aber an jeder Breite ein Unterschied [d. h. die Tage haben sehr verschiedene Längen]. Am Anfang des Krebses beschreibt stets die Sonne den gröfsten Kreis und man bringt das Mündungsstück dahin, wo ihm der längste Tag zukommt. Im Anfang des Steinbocks beschreibt dagegen die Sonne den kleinsten Kreis und man stellt das Mündungsstück für den kürzesten Tag ein. Für zwischenliegende Lagen der Sonne erteilt man dem Mündungsstück ebenfalls zwischenliegende Stellungen. Daher haben wir einen ganzen Kreis genommen, während Archimedes nur einen Halbkreis nahm. Wir haben das am Anfang des Buches besprochen und darauf hingewiesen, dafs die Uhr in allen Breiten benutzt werden kann. Wir haben seine (nämlich des Archimedes) Ausführung über die Eichung des Mündungsstückes für die gleichförmigen Stunden nicht mitgeteilt.

Da aber einige Leute es vorziehen, das Mündungsstück geeicht nach gleichmäfsigen Stunden herzustellen, wobei nutzlos Mühe auf den Unterschied zwischen beiden aufgewendet wird, so wollen wir behandeln: Eine neue Methode für die Behandlung des Loches in dem Mündungsstück und dessen Eichung für die gleichmäfsigen Stunden, damit unser Buch nicht etwas nicht enthält, was man in ihm sucht. Nun ist es aber nötig, gleichmäfsige Stunden herzustellen. Wir wollen zunächst angeben, welches der Vorteil bei diesen gleichmäfsigen Stunden ist. Man bedarf ihrer bei der Feststellung der Nativitäten (*Maulid*), der Ermittlung des Horoskops, des Kreises bei Nacht und bei Tag,[2]) der Feststellung grofser Prinzipien (*Uṣûl*) bei den Nativitäten, den astronomischen Tafeln usw. Die Wanderung der Sonne von Aufgang zu Aufgang beträgt in allen Klimaten und unter allen Breiten 24 Stunden. Man durchbohrt das Mündungsstück dementsprechend und richtet die Uhr nach einer der beiden früher erwähnten Methoden ein. Man eicht in diesem Falle das Loch des Mündungsstückes anders, als wir früher angegeben. Man stellt es nämlich an den Anfang des Widders, füllt den Hauptbehälter mit Wasser und beobachtet vom Sonnen-

[1]) Steht die Sonne in ihnen, so hat der Tag stets zwölf Stunden.
[2]) d. h. des Tag und Nacht entsprechenden Kreisbogens.

aufgang an bis zu der Stelle des Schlittens, für die die Sonne eine Höhe von 15°[1]) erreicht haben würde. Das Wasser fängt man für sich in einem reinen Gefäfs auf, das das Wasser nicht aufsaugt. Ebenso verfährt man mit dem Wasser, das ausfliefst zwischen diesem Augenblick und dem, in dem der Kreis am Himmel 90° beträgt. Man mifst beide Wassermengen mit einem *Kail* (Flüssigkeitsmafs) und prüft, ob die erste Menge $^1/_5$ von der zweiten ist, so dafs das Ganze sechs Teile bildet, dann ist das Mündungsstück in Ordnung. Ist die erste Menge aber etwas gröfser als $^1/_5$, so ist die Öffnung zu weit; ist sie aber weniger, so ist die Öffnung zu eng. Man prüft, bis es richtig wird. Diese Methode bedarf nicht zahlreicher Messungen. Das folgende ist eine andere Methode. Man bestimmt die Sonnenerhebung zu der Zeit, zu der man die Messung ausführen will, und läfst das Wasser ausfliefsen, man ermittelt dann dauernd die Sonnenerhebung[2]) bis sie um 15° zugenommen hat. Dann bestimmt man das in dieser Zeit ausgeflossene Wasser und multipliziert es mit 6 oder 12, das Resultat ist die in sechs oder zwölf Stunden ausgeflossene Wassermenge. Man ermittelt nun zur Kontrolle, wie viel Wasser an dem nächsten Tage, eventuell an ihm und einem Teil der Nacht ausfliefst, während der Schlitten sich vom Anfang der Uhr bis zu deren Ende bewegt, so dafs man im Ganzen zwölf gleichmäfsige Stunden hat. Ist es zu wenig, so macht man die Mündungsöffnung weiter, ist es zu viel, dagegen enger.[3])

Bringt man das Mündungsstück in einer Tasse[4]) (Schale *Ṭâs*) an, so ist das bequemer als das eben beschriebene Verfahren. Man ermittelt die Sonnenerhebung von 15° nach Sonnenaufgang und macht da, wo der Wasserspiegel zu dieser Zeit angelangt ist, das Zeichen der ersten Stunde gegenüber dem Tierkreiszeichen eines jeden Monats;[5]) ebenso verfährt man bei den anderen Stunden, einerlei, ob das Mündungsstück eng oder weit ist. Wir führen jetzt die Beschreibung weiter.

Vollendung der Uhr.

Hat man die Räder für den Tag und den Kreis der Nacht fertiggestellt, so verfertigt man die 24 Kugeln, sie bestehen aus gegossenem Kupfer. Macht man mehr Kugeln, so ist das besser, da man dann einen Ersatz für etwa verloren gegangene hat. Das Gewicht der Kugeln macht man genau gleich, sie sollen sich nicht um einen *Dirham* (3 g) voneinander unterscheiden, damit sie in den Rinnen gleich schnell hinunterlaufen. Dabei sollen sie im höchsten Grade poliert, glatt und kugelrund sein.

Hierauf stellt man die beiden Vögel (Fig. 126) her, die die Gestalt von Falken (*Bâz*) haben, sie sollen genau gleich schwer und auch sonst gleich sein, sie

[1]) Hier scheint *Irtifâ'* = Höhe nicht wie früher und meist die Sonnenhöhe selbst zu bezeichnen, sondern den von der Sonne zurückgelegten Kreisbogen, oder es ist gemeint die Zeit, zu der sie unter dem Äquator die Höhe von 15° haben würde.

[2]) Auch hier ist Sonnenerhebung als der zurückgelegte Bogen aufzufassen.

[3]) Der Text scheint hier nicht ganz in Ordnung zu sein; wir haben das Wesentliche herausgenommen.

[4]) Es handelt sich um Wasseruhren einfachster Form, Gefäfse mit einem Loch am Boden, aus dem Wasser ausströmt usw. Solche geeichten Instrumente erwähnt auch *Gazarî*.

[5]) Die Tierkreiszeichen haben eigentlich hier nichts zu tun, vielleicht denkt *Riḍwân* an eine Uhr ähnlich dem *Taǧâr* (s. S. 25).

sind aus gehämmertem Kupfer gefertigt; sie sollen leicht sein. Ihre Brust soll aufrecht stehen, ihre Flügel herabhängen (*musbil*)[1] und an den Seiten anliegen (*maḍmûm*), ihre Schwänze sollen nach unten zusammenliegen. Den Kopf versieht man mit einer Höhlung, in die die Kugeln hineinfallen, um dann zu dem Schnabel zu gelangen. In der Mitte der beiden Flügel lötet man quer ein Blech an, das einen Finger breit ist. Wenn die Falken durch das Gewicht einer Kugel aus ihrer Lage gebracht sind, so zieht die mit dem Blech verbundene Mechanik (*Manganîq*) mittels des an ihr angebrachten Gewichtes sie wieder in ihre frühere Stellung zurück. Den oberen Teil des Schnabels verlötet man mit dem Kopf zu einem Stück, den unteren befestigt man an einer Achse, die auf einem Drittel seiner Länge angebracht ist. Ein Drittel befindet sich im Innern des Schnabels (d. h. nach dem Kopfe zu), zwei Drittel aufserhalb. Gegenüber dem Hals macht man an der Stelle, wo das Gehirn sich befindet (also am Hinterkopf), ein Loch. Gelangt in dieses eine Kugel, so rollt sie durch die Höhlung des Kopfes bis in den Schnabel, da ersterer eine entsprechende Neigung besitzt. In dem Schnabel gelangt sie zu dem auf der Achse befestigten Teil. Der Schnabel öffnet sich und die Kugel fällt in einen noch zu besprechenden Becher (*Kâs*) auf eine Zymbel (*Mirât*).[2]

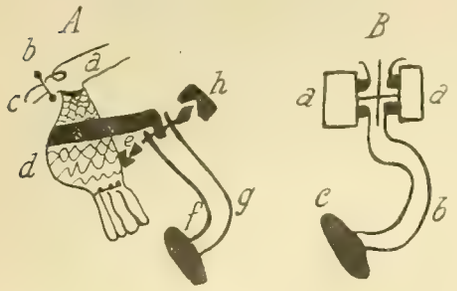


Fig. 126.

A: Es steht bei *a*: Rinne; *b*: Achse; *c*: Schnabel; *d*: die Querplatte; sie befindet sich genau in der Mitte des Falken, um seinen oberen Teil nach unten zu ziehen, damit er sich aufrichtet; *e*: Nagel, sein Ende befindet sich im Klotz; *f*: Gewicht; *g*: Mechanik; *h*: die Platte, auf der sich der Klotz befindet; *B*: *a a*: die Platte; auf ihr befindet sich der Klotz; *b*: Mechanik; *c*: Bleigewicht.

Am Ende des inneren Schnabels bringt man einen Draht aus Eisen oder einen langen Stift an, der bis zu dem quergestellten Blech geht, das sich zwischen den beiden Flügeln befindet, so dafs, wenn der Falke sich aufrichtet, das Blech an dem Draht bzw. dem Stift nach unten zieht.[3] Dadurch wird dann das vordere Ende des Schnabels gehoben und geschlossen.

In der Wand der Uhr selbst macht man von oben nach unten einen langen schmalen Schlitz, durch den der Pfeil (*Sahm*), der das Querblech mit der Mechanik verbindet, geführt wird.[4]

---

[1]) Oben hiefs es *manschûr*.

[2]) *Mirât* bedeutet gewöhnlich Spiegel.

[3]) Die Stelle ist nicht klar. Zunächst kann im strengen Sinne des Wortes von einem Ziehen des Bleches am Draht keine Rede sein, denn wären Draht und Blech fest verbunden, so könnte der Schnabel sich nicht öffnen und schliefsen. Es kann also der Draht nur auf der Kante des Bleches gleiten. Wahrscheinlich ist der Draht oben in das hintere Ende des unteren Schnabels drehbar eingehängt; dann kann bei der Neigung des Falkens das Drehmoment des Drahtes so weit abnehmen, dafs es für sich den Schnabel nicht schliefst, sondern erst dann, wenn durch den Einflufs der Mechanik der Falke sich wieder aufrichtet. Eine Rolle spielt wohl auch die Reibung an der Kante des Bleches. Die Beschreibung ist also nicht ganz klar. Ebensowenig die Fig. 126. Die Rekonstruktion (Fig. 127) dürfte wohl ein richtiges Bild der Vorrichtung geben.

[4]) Vgl. dazu die Bemerkung zu 1 in der Beischrift zu Fig. 133.

Die Mechanik. Einen Stab (*Saffûd*) aus Kupfer, der eine gewisse Breite hat und ein wenig flach geschlagen ist, biegt man zu einem Drittelkreis zusammen. Am Ende macht man einen Einschnitt, der am Ende beginnt und etwa ein Daumenglied lang ist, damit man in ihn das Blech B (den Pfeil, f in Fig. 127) einsetzen kann, das mit dem Querblech hinter der Brust des Falkens verbunden ist und das dazu dient, den Falken aufzurichten, nachdem er sich geneigt hat. In der Mitte des Spaltes bohrt man senkrecht zu ihm ein Loch l_1, das durch den Spalt hindurchgeht. Ferner bohrt man in das Blech B gegenüber diesem Loch ein Loch l_2, so dafs, wenn man B in den Spalt einsetzt, l_2 gegenüber von l_1 liegt. Dann macht man einen Nagel aus Kupfer. Dieser wird mit dem Blech B und der Mechanik verbunden. Er ist dünner als die Löcher, so dafs, wenn die Mechanik hinab- und hinaufgeht, dadurch ein Zug auf die Querplatte ausgeübt wird, und auch der Schnabel sich bei diesem Zug hebt und schliefst.

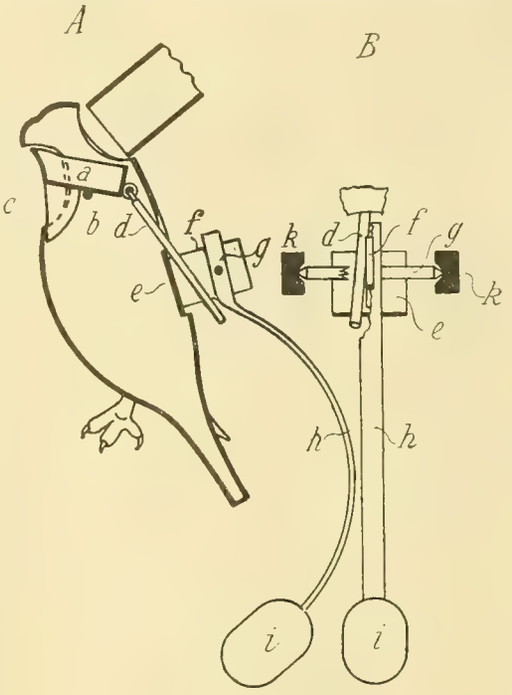


Fig. 127.

A: Längsschnitt durch den Falken; B: Draufsicht auf die Mechanik. (Von dem das Gewicht tragenden Stab h sowie von der Achse g ist ein Stück ausgeschnitten, so dafs man die Lage des den Schnabel schliefsenden Stabes auf dem Querblech erkennen kann.) Es ist a: der bewegliche Unterschnabel; b: dessen Achse; c: ein schurzförmiges dünnes Blech am Unterschnabel, welches das für dessen Bewegung nötige Loch im Falken bei geschlossenem Schnabel verschliefst. *Riḍwân* erwähnt nichts von diesem Blech. Da er jedoch öfters darauf hinweist, dafs man alles möglichst schön machen solle, war es wohl vorhanden; d: der den Unterschnabel schliefsende Stab; e: das Querblech auf dem Rücken des Falken; f: das auf diesem senkrechte Blech; g: die in diesem befestigte Achse des Falken; h: der das Gegengewicht tragende Stab; i: das Gegengewicht; $k\,k$: die Klötze für die Achse des Falken.

Dann spitzt man die Enden des Nagels zu, damit er sich in den beiden Klötzen dreht, die sich auf beiden Seiten befinden. Für diese macht man zwei Platten aus rotem Kupfer, die man vergoldet. Man nagelt sie mit je einem Nagel an den vier Ecken auf den beiden Seiten des Spaltes in der Uhrwand, durch den der „Pfeil“ geht, an. Auf den Platten bringt man die Klötze an, deren Löcher einander gegenüberstehen.

Die Pfeile sind dünne Bleche, die zwischen der Mitte eines jeden Querbleches und dem Ende der Mechanik sich befinden. Das Gewicht an der Mechanik zieht an dieser, diese an dem Pfeil, der Pfeil an dem Querblech, das Querblech zieht an dem Körper des Falken und zugleich wird an dem Stift oder dem Draht ein Zug ausgeübt, durch den der Schnabel geschlossen wird (s. oben). Alles wird vergoldet. Nun läfst man eine Kugel in den Kopf des einen dieser Vögel und eine andere in den des anderen rollen und zwar dadurch, dafs man je eine Kugel in die zugehörige Rinne legt. Jede Kugel läuft zu einem der Falken hinab; er neigt sich vorne über, auf den Pfeil wird dadurch ein Zug ausgeübt und die Mechanik geht in die Höhe, denn, wenn

eine Kugel infolge ihres Gewichtes in den Kopf eines Falken gelangt, so neigt er sich. Die Kugel geht zum Gaumen (*Ḥanak*) und in den Schnabel des Falken, dieser dreht sich, wie erwähnt, öffnet sich und die Kugel fällt heraus.

Dann stellt man das Gewicht an der Mechanik her. Dieses soll, wenn der Falke sich neigt und die Kugel herausfällt, an dem Pfeil, der sich an dem Querblech etwas unterhalb der Flügel[1]) befindet, und damit an dem Falken selbst ziehen, so dafs er wieder eine aufrechte Stellung einnimmt. Dazu befestigt man am untersten Ende der Mechanik ein Gewicht (*Wazn*) aus Blei oder einen Gewichtstein (*Sang*) und prüft, ob der Falke durch dieses selbst bzw. durch kleinere oder gröfsere Gewichte sich wieder aufrichtet, bis man genau die Gröfse gefunden hat, bei der der Falke sich schnell neigt, sein Schnabel sich öffnet und er sich wieder aufrichtet und zwar mit gröfster Leichtigkeit. Dazu schmilzt man eine entsprechende Menge Blei und giefst sie an dem Ende der Mechanik auf ein dort angebrachtes quergestelltes Blech, wie die Fig. 126 zeigt. Dem Gewicht wird eine längliche, rundliche Gestalt gegeben, in seiner Mitte befindet sich das Ende der Mechanik. Das Gewicht ragt über die Mechanik am unteren Ende vor, damit es kräftig zieht.

Man beobachtet mehrmals das Fallen der Kugeln, das sich Aufrichten des Falken und ändert das Gewicht, bis die oben gestellten Forderungen erfüllt sind.

Hierauf untersucht man das Fallen der Kugeln bei jedem Falken. Neigt er sich schnell und kehrt rasch in seine Lage zurück, so ist die Sache in Ordnung. Neigt er sich aber nur langsam oder garnicht, so hat man zu viel Blei angewendet, man mufs dann von diesem fortnehmen. Neigt er sich, richtet sich aber nicht wieder auf, sondern bleibt mit geöffnetem Schnabel[2]) und nach unten gerichtetem Kopf stehen, so ist zu wenig Blei vorhanden, man fügt dann *Dirham* für *Dirham* hinzu.

Die Becher (*Kâs*) (Fig. 128) sind weite, grofse, kugelförmig ausgehöhlte, kupferne, vergoldete Becher, ihre Füfse (Würfel *Kaʿb*) sind durchbohrt. Man ziseliert (*charram*) sie, vergoldet sie und gibt ihnen auf allen Seiten ein schönes Aussehen. Die Unterlagen (*Qâʿida*) macht man aus altem Steineichenholz (*Sindijân*), damit sie nicht von den Würmern zerfressen werden und sich nicht im Laufe der Zeit verändern; sie sind so breit wie die Basen, die man bei Säulen verwendet. Man gibt ihnen eine schöne Gestalt. Unterhalb der Füfse der Becher sind weite Löcher gebohrt, die schräg von oben nach unten gehen, damit die Kugeln längs dieser schrägen Ebenen (*Tadrîg*) herunterrollen. In dem Haus der Kugeln macht man oben eine Öffnung, zu der das eben erwähnte Loch führt. Die

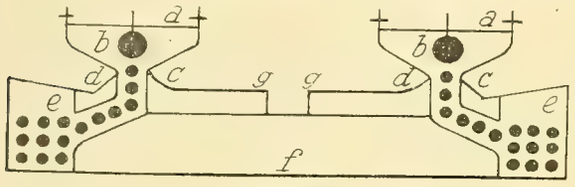


Fig. 128.

Es steht bei *a*: Stab; *b*: Zymbel; *c*: Würfel; *d*: Würfel des Bechers; *e*: Haus der Kugeln; *f*: dies ist das Haus der Gewichte; *g*: Unterlage (Basis, *Qâʿida*). — In der Gesamtfigur *Ridwâns* (Fig. 132) sind die Häuser für die Kugeln nach innen und nicht nach aufsen gezeichnet, was wohl der Wirklichkeit eher entsprechen wird.

[1]) Die Angabe weicht ein wenig von der früheren ab; „unterhalb des Flügels“ heifst wohl „unterhalb des Flügelansatzes“.

[2]) Vgl. Anm. 3 S. 238.

Unterlagen werden gut angenagelt. Dann nagelt man den unteren Teil der Füfse der Becher oberhalb des Loches der Unterlagen an, wobei man die Becher genau gegenüber den Falken aufstellt, so dafs, wenn diese sich neigen und den Schnabel öffnen, die Kugeln genau in die Mitte der Becher fallen und dabei sicher auf die Zymbeln treffen, wie dies die Figur zeigt.

Die Zymbeln werden aus Stahl (*Fûlâd*) hergestellt. Sie sind etwas kleiner als die Becher. In den Rand der Becher bohrt man zwei gegenüberliegende Löcher, steckt durch diese einen Eisenstab und lötet ihn fest. In der Mitte einer jeden Zymbel lötet man einen Ring an und hängt erstere an einen kräftigen Haken in der Mitte des Stabes auf; dazu hat man den Stab an dieser Stelle eingefeilt, damit der Haken sich nicht verschiebt.

Unterhalb des vollkommenen Kreises für die Nachtstunden öffnet man dann ein viereckiges Loch (*Ṭâqa*), dessen Seiten je eine Spanne lang sind, um von ihm aus die Stunden der Sonne zu drehen (vgl. oben S. 213). Das ausgeschnittene Brett macht man zu einer Türe für das Loch. Durch das Loch sieht man dann den Kreis der der Sonne entsprechenden Stunden unter dem Horizont, wie wir dies beschreiben wollen. —

Herstellung des Kreises des Zodiakus für die Sonnenstunden.[1]) Man stellt sich eine kreisrunde Platte her, deren Durchmesser etwa halb so grofs ist

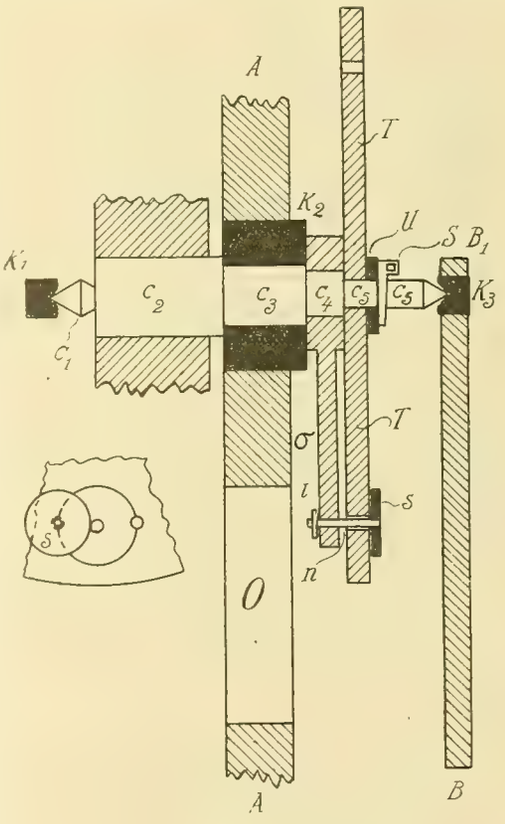


Fig. 129.

[1]) Diese Anordnung hat uns infolge der unklaren Beschreibung Schwierigkeiten bereitet. Wir sind zum Schlufs zu folgender Ansicht gelangt (vgl. die Rekonstruktion Fig. 129): $A\,A$ ist die Hauptwand der Uhr und zwar deren Vorderwand, die unten ausgeschnitten ist, um die Türen nebst Zubehör einzusetzen. $B\,B_1$ ist ein Querschnitt der Nischenwand, B_1 entspricht dem Horizont. c_1 bis c_5 entsprechen der Achse, und zwar ist c_1 die sich in dem Klotz K_1 an der Alhidade drehende Spitze, c_2 ist das grofse viereckige Stück, auf dem der vollkommene und der Halbkreis der Nacht sich befinden. c_3 ist das grofse runde Stück, das sich in dem Klotz K_2 in der Vorderwand dreht. c_4 ist das kleine viereckige Stück, auf dem der Stab (σ) der Sonnenscheibe steckt. c_5 ist das kleine runde Stück, das sich mit seinem äufseren Ende in einem Klotz (K_3) des Horizontes dreht. S ist der Splint, der mit der Unterlegscheibe (U) das Ganze zusammenhält. Auf dem runden Stück (c_5) läfst sich die Scheibe (T) des Tierkreises drehen; endlich ist O die spannengrofse Öffnung in der Vorderwand der Uhr. Um die Sonnenscheibe auf dem Tierkreis zu befestigen, dreht man diesen so, dafs der auf der Rückseite eingetragene Name des Tierkreiszeichens, an dem sich die Sonne zu der betreffenden Zeit befindet, gegenüber dem Ende des Stabes (σ) steht. Mit der Hand greift der Aufseher durch die

wie derjenige des Halbkreises der Scheiben. Auf ihr zeichnet man in der Nähe des Randes einen Kreis, auf dem man zwölf kleinere Kreise anordnet.[1]) Man schreibt zunächst „der Widder", darunter „der Stier", darunter „die Zwillinge" usw., damit sie in der Reihenfolge der Tierkreiszeichen aufgehen. Hierbei mufs jeglicher Irrtum vermieden werden. Dann macht man in den Raum zwischen den Enden eines jeden Kreises drei Löcher, je eines an den beiden Seiten und eines in der Mitte des Umfanges, um die Sonnenscheibe von dem einen zu dem anderen dreimal im Monat zu versetzen, nämlich jedesmal, wenn sie ein Drittel eines Tierkreiszeichens durchlaufen hat. Hierauf schreibt man auf der Rückseite in vertiefter Schrift[2]) neben jedes Tierkreiszeichen seinen Namen, damit man ihn durch das Loch (*Ṭâqa*) erblickt. In die Vertiefungen bringt man Zinnober. Man kann die einzelnen Tierkreiszeichen mit den in den Kalendern[3]) üblichen Zeichen bezeichnen oder man schreibt mit Buchstaben arabisch „der Widder", „der Stier" usw., so dafs ein jeder es lesen kann und das ist das beste.[4])

Zur Herstellung des Körpers der Sonne (der Sonnenscheibe) und der zu ihr gehörigen Platte nimmt man eine Platte, an deren einem Ende ein Kreis (K) ist, der etwas kleiner ist als der eines Tierkreiszeichens (K_1), damit, wenn der Kreis (K) sich an dem Rand eines Kreises (K_1) befindet, er nicht nach dem nächsten Kreis so übergreift, dafs sein Ort zweifelhaft erscheint; man soll ja genau erkennen, auf welchem Tierkreiszeichen der Stab an dem der Kreis (K) befestigt ist, sich befindet, aufser, wenn der Kreis zu einem anderen vorrückt. Den Teil der Platte für die Sonne, der nicht den Kreis bildet, gestaltet man zu einem flachen dünnen Stab und macht in seinem Ende ein viereckiges Loch, das so grofs wie die viereckige kleinere Achse und von deren Länge ist, so dafs, wenn man das viereckige Loch über die viereckige Achse schiebt, es auf ihr festsitzt. Die Sonne springt dann über den Kreis um einen Finger vor, man vergoldet sie. In der Mitte des ihr zukommenden Kreises zeichnet man das Bild der Sonne und schreibt auf den Stab ihren Namen schwarz. Dann bohrt man unter dem Körper der Sonne, nämlich dem Kreis, auf dem man das Bild der Sonne gezeichnet hat, ein Loch in solcher Lage, dafs es, wenn der Apparat zusammengesetzt ist, gegenüber einem der drei Löcher steht, die sich an jedem Kreis

Öffnung nach der Vorderseite des Tierkreises und steckt, falls die Sonne (s) fest mit ihrem Nagel (n) verbunden ist, diesen durch eines der drei Löcher im Tierkreiszeichen (s. die Nebenfigur) und durch das Loch am Ende des Stabes (σ). Sein Ende wird wohl durch einen Splint (i) festgehalten. Es kann aber auch die Sonne in der Mitte ein Loch haben und ein Nagel mit einem Kopf von rückwärts durchgesteckt werden, auf dem dann vorne die Sonne befestigt wird. Im zweiten Falle kann der Abstand von Nischenwand und Uhrwand kleiner sein. (Die Figur gibt den ersten Fall.) Die auch noch erwähnte Platte mit den drei Löchern ist vielleicht eine Art Unterlegscheibe.

[1]) Hier ist im Text eine Lücke. Ich habe ihren Sinn ergänzt.

[2]) Würde die Schrift an der Vorderseite sich befinden, so würde man vergoldete Schrift verwenden.

[3]) Wir sehen daraus, dafs auch in Kalendern Zeichen für die Tierkreiszeichen benutzt wurden.

[4]) Hier ist im Original eine Abbildung des grofsen Kreises mit dem kleinen für die Tierkreiszeichen gegeben; da der Tierkreis sich in derselben Weise in der nächsten Figur (Fig. 130) wiederholt, so verzichten wir hier auf die Wiedergabe.

des Zodiakus befinden. Man steckt in das Loch den Nagel, der die Sonne, wie wir ausführen werden, festhält.

Hierauf bohrt man in den Kreis für den Zodiakus in der Mitte ein Loch, das etwas gröfser ist als der Durchmesser der kleinen runden Achse, damit man diesen Kreis auf dieser Achse drehen kann. Dann macht man die Platte für die Teile des Tierkreises, sie ist einen Finger dick und gleich dem Abstand der beiden Löcher, die den Kreis eines jeden Tierkreiszeichens begrenzen. In sie bohrt man drei Löcher, die jeweilig den drei Löchern im Kreis gegenüberstehen. Den Nutzen dieser Platte werden wir behandeln, wenn wir die Sache in Gang setzen. Sie ist aber nicht unbedingt nötig, man kann sie auch fortlassen.[1])

Hierauf steckt man den früher erwähnten Splint in das dafür bestimmte Loch am Ende der Achse. Er soll die Achse verhindern, dafs sie sich nach innen von ihrem richtigen Ort entfernt. Findet sich zwischen dem Kreis des Zodiakus und der Platte für die Sonne ein Zwischenraum, der fürchten läfst, dafs die Sonne von der viereckigen Achse herabrutscht, so macht man eine Kupferscheibe von entsprechender Dicke, die man dazwischen legt. Dann macht man das Ganze mit dem Splint fest.

Herstellung des allen bekannten östlichen und westlichen Horizontes (Fig. 130). Man spannt von dem linken Rand des Kreises des Zodiakus unmittelbar unterhalb der Scheiben einen Strick und mifst dessen Länge, dann mifst man von dieser Linie nach unten eine Strecke ab, man erhält so ein Rechteck mit ungleichen Seiten. Seine Breite entspricht dem Abstand zwischen der ersten und letzten Scheibe, seine Höhe entspricht der einer Gebetsnische (*Miḥrâb*).[2]) Nach diesen Mafsen macht man eine schöne, gravierte (*manqûsch*) Wand aus Holz, die man mit der Uhrwand verbindet. Zwischen ihr und der Uhrwand läfst man einen Zwischenraum von vier Fingern, in diesem dreht sich der Kreis der Sonne (die Sonnenscheibe) sowie der Kreis mit dem Zodiakus und die zu ihnen gehörigen Vorrichtungen. Zwischen den beiden Brettern bringt man eine grofse Anzahl Keile an, damit die Holzbretter nicht im Laufe der Zeit ihre Lage gegeneinander ändern, so dafs der Raum, in dem sich die Stunden der Sonne drehen, zu eng wird.

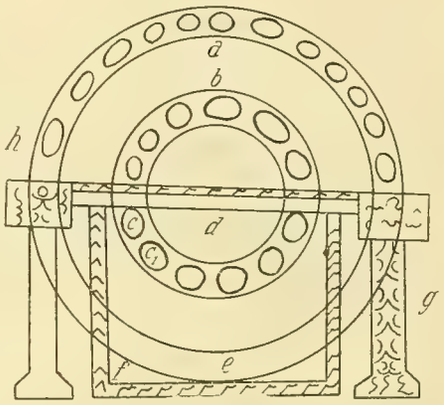


Fig. 130.

Es steht bei *a*: Kreis der Scheiben; *b*: Kreis des Tierkreises; *c*, c_1 u. s. f.: Widder, Stier u. s. f.; *d*: der erwähnte Horizont; *e*: der halbe Kreis für die Stunden der Nacht; *f*: in seiner Mitte befindet sich der vollständige Kreis; *g*; dies ist eine Säule; *h*: dies ist eine Säule. Willst Du zwei Säulen anfertigen, zwischen denen ein Zwischenraum für die Drehung des Kreises der Scheiben sich befindet, so tue es.

Auf beiden Seiten der Wand, die als Horizont bezeichnet wird, stellt man zwei vergoldete und mit Basen versehene Säulen auf, die je unter einer Scheibe der ent-

[1]) Dies ist nicht recht klar. Später ist nichts genaues angegeben.

[2]) Die Höhe des *Miḥrâb* ist sehr wechselnd, man kann sie zu $2 - 2^1/_2$ Manneshöhen annehmen. Das wäre jedoch hier bedeutend zu viel. Es soll also jedenfalls nur gesagt werden, dafs dieses Rechteck einer Gebetsnische geometrisch ähnlich sein soll.

sprechenden Seite sich befinden. Es wird so die Uhr für die Nacht gleichsam die Rückseite einer Gebetsnische. Die beiden Säulen stofsen an sie an und in ihrer Mitte befinden sich die Stunden der Sonne. Der Horizont scheidet die sichtbare Hälfte des Zodiakus von der nicht sichtbaren. Man sieht sechs Tierkreiszeichen, während sechs unsichtbar sind. Geht der Anfang des Widders auf, so geht der ihm gegenüberstehende Anfang der Wage unter usw.

Hierauf macht man die Rollen für die Uhr der Nacht. Dazu bringt man auf dem rechten und auf dem linken Pfeiler[1]) (*Kabsch*) eine Rolle an, oder auf dem rechten zwei Rollen, die übereinander stehen. Die beiden Enden der um den Kreis der Nachtstunden gewickelten Seile sollen je über eine Rolle gehen. Verwendet man nur eine Rolle, so geht eines der Enden von unten, das andere von oben an der Rolle vorbei. An jeder Ecke befestigt man zwei zusammengehörige Rollen auf einem dort angenagelten viereckigen Stück Holz. Oberhalb einer jeden Rolle für die Stunden des Tages befinden sich zwei für diejenigen der Nacht; die eine ist für das Seil, welches den Schild (*Turs*) dreht, die andere für das Gegengewicht bestimmt. An jeder Ecke und an jedem Winkel bringt man so zwei Rollen an, bis man mit den Seilen bis zu einer Stelle oberhalb der beiden Räder (*Daulâb*) für die Tagesstunden anlangt. Dort bringt man zwei Rollen an einem kräftig und gut befestigten Träger an und zwar so, dafs die Seile für die Nachtstunden zu zwei Drittel des Gewölbes herabsinken und diejenigen des Tages zu seiner Hälfte, damit die Seile sich nicht untereinander verschlingen. Die Achsen der Rollen macht man sehr glatt, damit sich die Rollen auf ihnen leicht drehen. (Fig. 131 soll die Führung der Seile zeigen.)

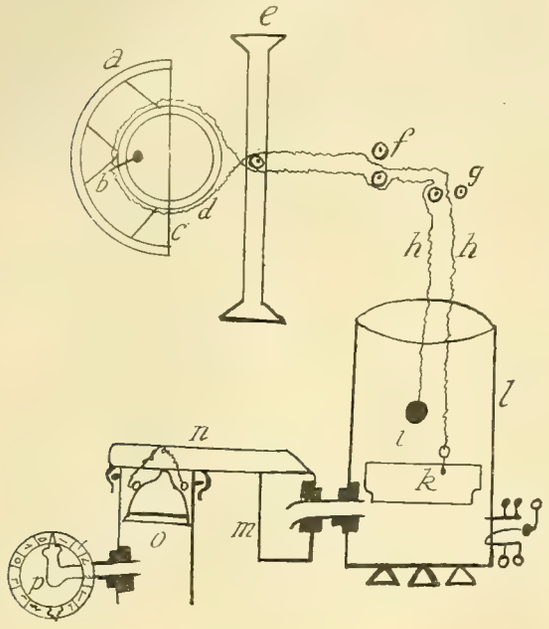


Fig. 131.

Es steht bei *a*: der Halbkreis der Nacht; *b*: der Nagel, mit dem das Seil festgenagelt ist; *c*: der Kreis der Nacht; *d*: das Ende des Seiles; *e*: der Pfeiler (*Kabsch*): *f* und *g*: die verheirateten Rollen; *h*: Seil; *i*: Spanngewicht; *k*: Schwimmer; *l*: der Hauptbehälter; *m*: *Kail*; *n*: das viereckige Rohr; *o*: *Rub*ʿ; *p*: der Teller.

Man kann auch so verfahren, dafs man das Seil, das sich auf dem vollständigen Kreis befindet und das von unten an ihm hervortritt, zunächst zu der Rolle auf dem linken (anderen) Pfeiler führt, es unten um diese herumführt und dann nach dem unteren Teil der Rolle geht, die sich auf dem Pfeiler befindet, der gegenüber den beiden verbundenen Rollen steht.[2])

[1]) Es sind die Pfeiler, auf denen die Rinnen befestigt sind.

[2]) Dies ist nicht ganz klar ausgedrückt. Durch diese Seilführung soll wohl ein einseitiger Zug auf den vollständigen Kreis vermieden werden. (Vgl. S. 259.)

Hiernach bringt man gegenüber den Türen für die Stunden aufsen ein Gesims (Querbalken, Kämpfer) an, das von der ersten bis zur letzten reicht.[1]) Es besteht aus rotem vergoldetem Kupfer. Vor ihm befindet sich die an dem Schlitten befestigte Mondsichel. Hierauf teilt man jede Stunde durch zwölf Löcher auf diesem Gesims ein.[2]) Das erste Loch liegt für den Anfang der ersten Stunde auf der halben Strecke, die sich vor der ersten Stunde befindet, und das letzte Loch für die erste Stunde in der Mitte der ersten Türe. So geht es weiter, bis das letzte Loch sich in der Mitte der letzten Türe befindet. Die Zahl der durch die Löcher erzeugten Teile ist 144.[3]) Man stellt nun Nägel mit grofsen, leuchtenden, vergoldeten Köpfen her; die Nägel steckt man in die Löcher, sie sollen diese genau ausfüllen, dementsprechend gibt man dem Nagel und dem Loch gleiche Dimensionen. Diese Einteilung hat einen grofsen Nutzen. An dem Nagel, dem der aufrechte Stab der Mondsichel gegenüber steht, erkennt man, wie viele Stunden verflossen sind und wie viele Zwölftel, Sechstel, Viertel, Drittel, Halbe usw.

Dann vernagelt man die Wand und befestigt sie sorgfältig von innen und von aufsen und ebenso jeden Teil der Uhr selbst, damit alles vor dem Verderben, der Erschütterung und einer Gestaltsänderung im Laufe der Jahre und Jahrhunderte bewahrt wird.

An keinem Ort aufserhalb der Uhr soll man das nackte Holz sehen, daher bedeckt man alles mit kräftigen, reichlich vergoldeten Platten; dies geschieht auch in den Wölbungen für die Füllungen über den Türen; man erteilt ihnen die höchste Vollkommenheit, indem man sie von jeder Seite mit vergoldeten Platten bedeckt.

Ferner bemalt (ölt, *dahan*) man die Uhr mehrmals hintereinander, damit die Farbe nicht abfällt, so dafs man das Holz sieht, weiter verziert man (*naqasch*) alles schön und färbt es ebenso wie die dazwischen befindlichen Goldplättchen; dabei benutzt man solche Verfahren, die dauerhaft sind und dem Laufe der Zeit standhalten.

An allen Stellen rings um die Uhr bringt man solche Verzierungen an, wie sie ihnen entsprechen, und versieht sie mit Lapis Lazuli mit angemessenen Inschriften. Mit gröfstem Eifer bestrebt man sich das Werk eindrucksvoll und seine Verzierung, Bemalung, Vergoldung usw. prachtvoll zu gestalten.

Weiter bemalt man die Wände von innen mit schönen prächtigen Farben, die nicht vergehen, und ebenso die Decke und alles, was die Uhr umgibt.

In der Decke befestigt man einen Nagel für die Lampe in der Weise, dafs diese genau der Achse der Stunden der Nacht gegenübersteht und sie ganz gleichmäfsig beleuchtet. Die Lampe wird an einer Kette mit einem Haken befestigt, an dem man sie bei Nacht hinaufzieht und bei Tage hinabläfst.

Hierauf prüft man die Bank (*Mastaba*), die sich von dem Haus der Kugeln bis zu den beiden Rädern des Tages erstreckt, vor allem auch ihre Fundamente, die an ihr befindlichen Bretter, ob sie gut angenagelt sind, die Stärke des Pfeilers (*'Irnâs*), der die beiden Räder des Tages trägt, ferner die richtige Stellung der Rollen und,

[1]) Wir haben wahrscheinlich ein Gesims, das soweit vor den Türen steht, dafs die Mondsichel bei ihrer Bewegung beinahe an ihm anstreift. (Vgl. Fig. 133.)

[2]) Bei *Gazarî* wird die Stunde in 15 Teile entsprechend je 1^0 geteilt.

[3]) Löcher sind es 145.

ob sie sich auf ihren Achsen gut umdrehen. Ferner untersucht man die Rinnen und, ob sie mit den sie tragenden Pfeilern (*Kabsch*) gut verbunden sind.

Hierauf prüft man theoretisch und praktisch jeden einzelnen der Apparate. Die Teilung und Prüfung der Apparate mufs vor deren Zusammensetzung sorgfältig erfolgen, denn, wenn bei ersterer ein Fehler unterläuft und man setzt die Apparate [ohne ihm abzuhelfen] zusammen, so behält die Uhr dauernd schädigende Fehler. Das ist dann nicht der Fall, wenn man die Art dieses Fehlers kennt und ihm abgeholfen hat. Dies war der Fall bei dieser Uhr, die mein Vater in Damaskus herstellte. Er machte den Halbkreis der Scheiben der Nacht gröfser, als den zwölf Stunden entsprach. Ich beobachtete nämlich, wenn die Uhr in Bewegung war, zu der Zeit, zu der man Wasser in den Hauptbehälter eingofs, und zu dem Zeitpunkt, an dem die einzelnen Scheiben sich zeigten, und ein wenig vorher. Als dabei der Mittag eintrat, blieb von der sechsten Stunde noch ein Viertel oder etwas weniger übrig. Ich glaubte zuerst, dafs dies von einem Fehler in dem Mündungsstück herrühre. Als ich aber dieses für die zweite Hälfte des Tages richtig gestellt hatte, glaubte ich, dafs alles richtig gestellt sei [da es aber doch noch nicht stimmte], suchte ich ich erneut nach der Ursache des Fehlers und fand, dafs er daher kam, dafs der Kreis mit den Scheiben gröfser als richtig war und dafs ein Unterschied [gegen das Richtige vorhanden war]. Ich rückte nun die Scheiben an den beiden Enden enger zusammen und machte sie entsprechend dem erwähnten Unterschied in den Stunden des Tages kleiner. Da verliefen die Stunden des Tages und der Nacht in richtiger Weise. Die Bewegung der einen begann nach dem Ablauf der anderen. Die Richtigkeit des Ablaufs blieb dauernd erhalten.

(Nun kommt die Bemerkung, dafs man oft die Teilung der Bahn des Schlittens falsch vornimmt, indem man die Strecke vom Anfang des Teiles vor der ersten Stunde bis zum Ende der letzten teilt.)

Beging man diesen Fehler und setzte man die Uhr entsprechend zusammen, so behielt sie infolgedessen einen prinzipiellen Fehler; sie konnte aber auch infolge der Ungeschicklichkeit dessen, der sie in Umlauf setzte, einen anderen Fehler in der Ausführung besitzen, so erhielt man einen doppelten Fehler. Man konnte die Uhr nämlich nach ihrer Zusammensetzung nicht mehr auseinandernehmen und von Anfang an wieder herstellen. Mein Vater liefs die Uhr so, wie sie war, indem er sich dieser zu grofsen Strecke wohl bewufst war; er setzte die Uhr in Umlauf und trug ihr (d. h. der zu grofsen Strecke) zur Zeit des Eingiefsens des Wassers Rechnung.

Ich aber bezweckte, dafs irgend ein Diener, oder irgend eine Frau, ohne besondere Kenntnisse über das Eingiefsen usw. zu haben, die Uhr in Gang setzen konnte. Daher habe ich die Länge der Bahn verkürzt und die Scheiben kürzer gemacht und sie so richtig gestellt. Man mufs um die Prüfung der Apparate vor deren Zusammensetzung auf das Ängstlichste besorgt sein.

Die Herstellung des Gegengewichtes für die Uhr der Nacht, die Untersuchung und die Richtigstellung der letzteren wollen wir erst besprechen, wenn wir die Zusammensetzung und das in Betriebsetzen der Uhr behandeln. Dann sollen auch die auftretenden Schäden erörtert werden, wie sie sich zeigen und wie man ihnen abhilft.

Endlich macht man die Schaufel (*Migrafa*)[1] aus Eisen; sie ist $1^1/_2$ Ellen lang. Sie besteht aus einem Stab aus Eisen, der am Ende umgebogen und verbreitert ist. Man zieht mit ihr die Kugeln aus dem Ort, in den sie gefallen sind, heraus. Die Figur 132 gibt ein Bild der Uhr nach ihrer Vollendung.[2]

Vierter Abschnitt.

Über die Zusammensetzung der Uhr, darüber, wie man sie in Gang setzt, und Vorschriften hierfür, bezw. Regeln deren man täglich bedarf, wenn sie in Gang gesetzt wird.[3]

Jeden Ring an dem Haken am Ende des Stabes für die Spanngewichte verbindet man durch eine Kette mit dem Ende der Klappe. Dann ziehen die Spanngewichte an den Klappen und diese können sich aufrichten. Die Kette der Mondsichel befestigt man mit einem Haken an dem anderen Ring (*Zarada*). An ihrem anderen Ende trägt sie einen Haken, der an den Stift zwischen den beiden Scheiben des Rohres gehängt wird. Die Kette mufs straff sein. Die dünnen Kordeln, die an der Füllung über den Türen befestigt sind, führt man zu dem Rohre und zu dem dort befindlichen Stift. Man wickelt sie um dieses einige Male fest auf. Die Kordel mufs dünn (d. h. biegsam und geschmeidig) sein, damit sie zugleich mit der Kette schlaff und straff wird. Die Kordel mufs von unten auf das Rohr gewickelt werden.

Bei der Anbringung des Rohres (*Barbach*) mufs man den Stift genau parallel zum eigenen Körper stellen, da er nur dann die Kette, die die Türen drehen soll, nicht an ihrer Bewegung hindert und diese dann die Türen drehen kann. Der Stift befindet sich in der Mitte des Stabes im Verhältnis von oben und unten.[4] In diesem Falle dreht sich das Rohr beim Sichaufrichten und Niederlegen der Füllung in genau gleicher Weise. Nun hält man das Rohr in dieser Lage fest und bindet die Kordeln [der Türen an den Spanngewichten] an. Aus ihrem anderen Ende macht man eine Schlinge, die man an dem Knopf an der Türe befestigt.

Um zu prüfen, ob die Türen sich nicht drehen, hebt man das Spanngewicht mit der rechten Hand, bis deren ganzer Stab zu sehen ist und das Gewicht bis zur Decke des Hauses der Spanngewichte sich gehoben hat; dadurch werden die Ketten und Kordeln schlaff. Mit der Linken dreht man die Türe von rechts nach links von innen nach aufsen, so dafs die Schrift auf der Türe aufsen zu sehen ist. Mit dem Sperrhaken stellt man die Türe fest. Man mufs darauf achten, dafs beim Öffnen der Türe das Ende des Sperrhakens nicht in die Vertiefung innerhalb des Türrandes gelangt, da die Türe dann nicht aufgeht.

Hier und da reifst das Seil am Schlitten, dann hört die Uhr auf zu gehen.

[1] Sie hat wohl die Gestalt einer Hacke.

[2] Fig. 133, eine nach den Angaben des Textes und der Originalfiguren gezeichnete Rekonstruktion der wichtigsten Teile der Uhr gibt eine Ergänzung dieser Fig. 132.

[3] Der vierte und fünfte Abschnitt sind, da sie zum Teil Wiederholungen der früheren enthalten, nur gekürzt wiedergegeben.

[4] d. h. wohl in derselben Horizontalebene wie die Achse des „Stabes der Rohre".

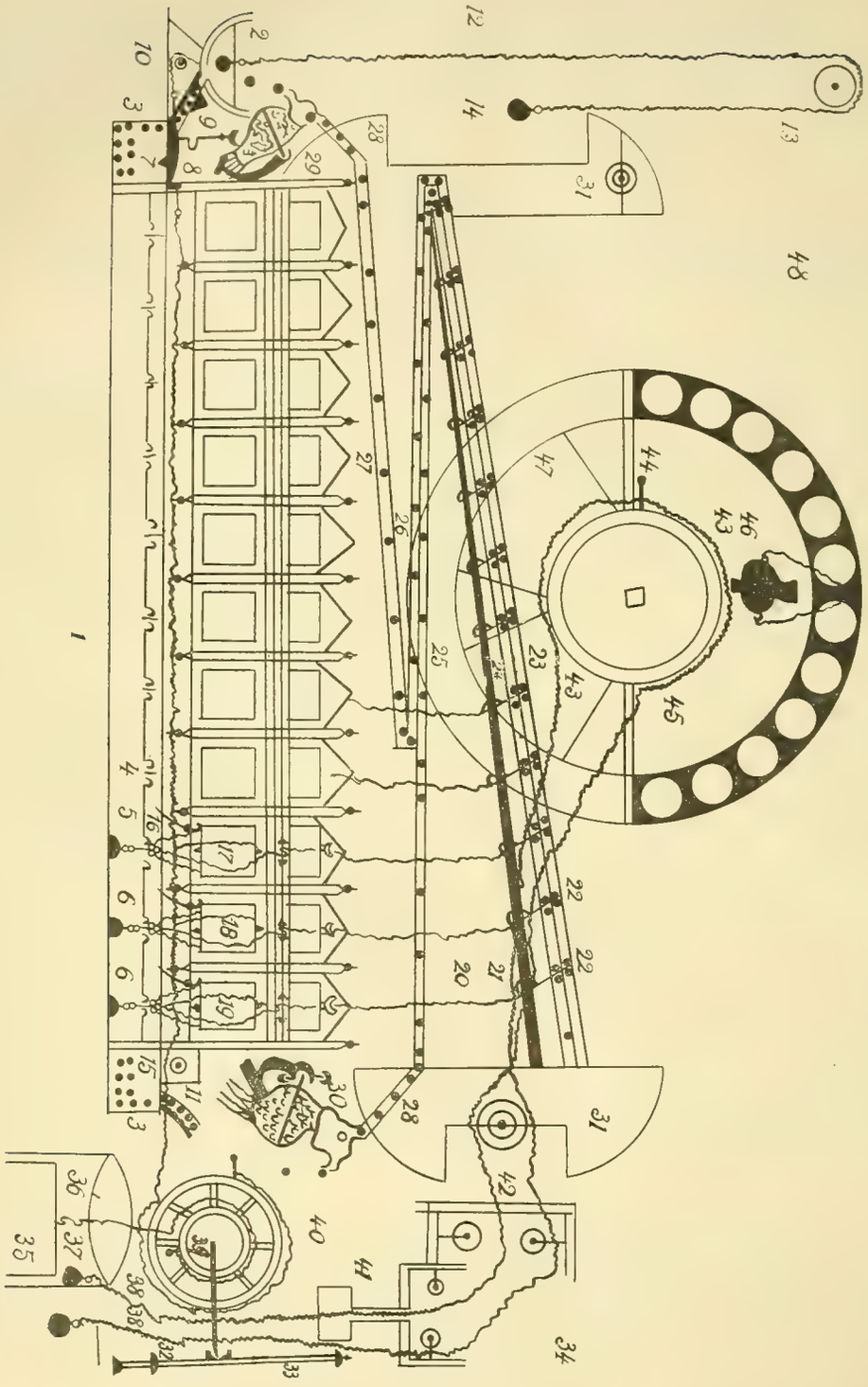


Fig. 132.

Beischriften zu Fig. 132.

Es steht bei *1*: Dies ist ein Bild der Bleigewichte sowie der Stäbe, an denen sich die durchbohrten Enden befinden. In jedem Loch ist ein Ring befestigt, an dem sich das Ende eines zweiten Stabes befindet. Dieser selbst hat zwei Enden, das untere ist in dem Ring, das obere ist wiederum durchbohrt und hat drei Ringe. In dem einen sind die Ketten für die Klappen, im zweiten die für die Mondsicheln angebracht, am dritten werden die seidenen Kordeln, die sich an jeder Türe befinden, befestigt. Die Enden der Ketten sind in diesen Ringen durch Haken gut befestigt. Die oben erwähnten Pfeiler, die sich in dem Dach des Hauses der Gewichte befinden, haben wir abgebildet. Was sich oberhalb der erwähnten Enden der Spanngewichte befindet, ist die untere Schwelle. Gegenüber der Mitte einer jeden Türe befinden sich in ihr die Löcher, in denen sich die Zapfen drehen. Die Türen lassen die obere Schwelle erkennen. Die Säulen und ihre Enden setzen sich auf beiden Seiten in die untere und obere Schwelle ein. Dann sieht man die Türen. Oberhalb der Türen ist die obere Schwelle, in ihr drehen sich die Zapfen der Türen. Oberhalb der oberen Schwelle ist der Stab mit den Rohren (*Barbach*), diese haben wir abgebildet, wie es die Umstände verlangten, und zwar oberhalb der Türen. Sie müssen den oberen Rändern der Türen gegenüberstehen und zwar ein wenig höher als die obere Schwelle. Wir haben so das meiste abgebildet, was abgebildet werden kann. Es bleibt noch das übrig, was nicht dargestellt werden kann, nämlich die *Râqûna*, der Träger für die Achse (Pol) der Stunden der Nacht und der Stunden der Sonne und das Fenster, von dem aus sie bewegt werden, sowie sämtliche Instrumente für die Stunden der Sonne. Ferner fehlen die Teile einer jeden Stunde, von denen wir erwähnt haben, daſs auf sie die vergoldeten Nägel hinweisen. Die erste Stunde beginnt auf der Hälfte der Strecke die sich vor der ersten Türe befindet, die Stunden reichen jeweilig bis in die Mitte einer jeden Türe. Nicht zu sehen ist die äufsere Schwelle, die den *Hilâl* (d. h. den Schlitten) bedeckt. Sie erhebt sich nicht so hoch wie die untere Schwelle und das Rad, das sich auf ihr befindet (?) Einige Vorrichtungen konnte man nicht entsprechend an der ihnen zukommenden Stelle abbilden, denn die Bilder aller Vorrichtungen haben keinen Raum auf einem Blatt. Was wir nicht abgebildet haben, das lernt man kennen an der Stelle, wo es bei der Beschreibung der Apparate im einzelnen beschrieben ist, dort erhält man auch sein richtiges Bild. Auf die Dinge, die man [wegen Platzmangels] nicht abbilden konnte, weist das [von ihnen gezeichnete] Bruchstück hin; *2*: der Becher; *3*: Haus der Kugeln; *4*: Stab (*Saffûd*) (das Wort kommt an den entsprechenden Stellen mehrmals vor); *5*: Pfeife (*Saffâra*); *6*: Spanngewicht; *7*: der Daumen (*Bazjûn*, dieser ist hier an falscher Stelle, in der Mitte statt am Ende des Schlittens und nach unten statt nach oben, gezeichnet; vgl. w. o.); *8*: Maus; *9*: der äufsere *Hilâl*; *10*: die aufrechte Rolle; *11*: die westliche Rolle; *12*: dies ist das Seil, das unter der aufrechten Rolle hindurchgeht und zu dem Spanngewicht emporsteigt, das von dem Dach hinuntergeht; *13*: die Rolle in der Ecke des Daches; *14*: das Gewicht des Tages; *15*: der östliche Teil des Fadens [vom Tagesrad aus gerechnet]; *16*: Sperrhaken (das Wort kommt mehrfach vor); *17—19*: die 10., 11., 12. Türe (dabei sind nur elf Türen abgebildet); *20*: Kette; *21*: Stab für die Klappen; *22*: Klappe; *23*: erste Rinne; *24*: zweite Rinne; *25*: dritte Rinne; *26*: vierte Rinne; *27*: fünfte Rinne; *28*: die umgebogene Rinne.

29: der Falke; *30*: Mechanik; *31*: der Pfeiler, auf dem sich die Rolle und die Rinnen befinden; *32*: Klotz; *33*: Balken (*ʿIrnâs*).

34: der Anfang ist abgeschnitten. Es heifst etwa „... auf die man sich verläfst, nämlich wiederum die Rolle des Pfeilers“; *35*: Schwimmer (*Tafûf*); *36*: *Binkân*; *37*: das mit dem Schwimmer verbundene; *38*: Kette; *39*: das kleine Rad; *40*: das grofse Rad; *41* u. *42*: die beiden verbundenen (verheirateten) Rollen; *43*: das dicke Seil.

44: der Nagel auf dem sich das Seil befindet, sein eines Ende tritt unten, sein anderes oben heraus.

45: die zwölf Scheiben für die Nachtstunden; *46*: Lampe für die Nachtstunden; *47*: Halbkreis für die Nachtstunden, er bedeckt die Scheiben; *48*: die Rolle, welche sich auf dem westlichen Pfeiler befindet, die man nötig hat bei der Zusammensetzung der Stunden der Sonne und der Drehung des Halbkreises der Stunden der Nacht, im Gegensatz zu dem wie wir es jetzt gemacht haben; dabei geht das Ende des einen Seiles zu der Rolle auf dem östlichen Pfeiler, dreht sich um die Rolle von oben nach unten und geht zu dem gegenüberstehenden. —

Die Figur ist dem Original in der Handschrift gegenüber ein klein wenig verbessert. In der Handschrift selbst ist sie die am besten gezeichnete Figur.

Bemerkungen zu Fig. 133.

Diese Figur stellt nach den Angaben des Textes und der Figuren der arabischen Handschrift eine Rekonstruktion der wichtigsten Teile der „Uhr des Tages“ dar. Die linken drei Viertel der Figur werden von einer Vorderansicht der Öffnung in der Uhrwand für den Falken sowie der Mechanismen für die erste Stunde eingenommen. Das rechte Viertel stellt einen Querschnitt durch die letztgenannten Vorrichtungen dar längs der einigemale versetzten strichpunktierten Linie AB in der Vorderansicht.

In der Querschnittszeichnung sind Schnitte durch Holzteile schraffiert, solche durch Metallteile geschwärzt worden.

Zwischen der Vorderansicht und der Querschnittszeichnung wurde noch eine Seitenansicht der Füllung eingeschaltet, um die seitliche Lage ihrer Zapfen zu veranschaulichen.

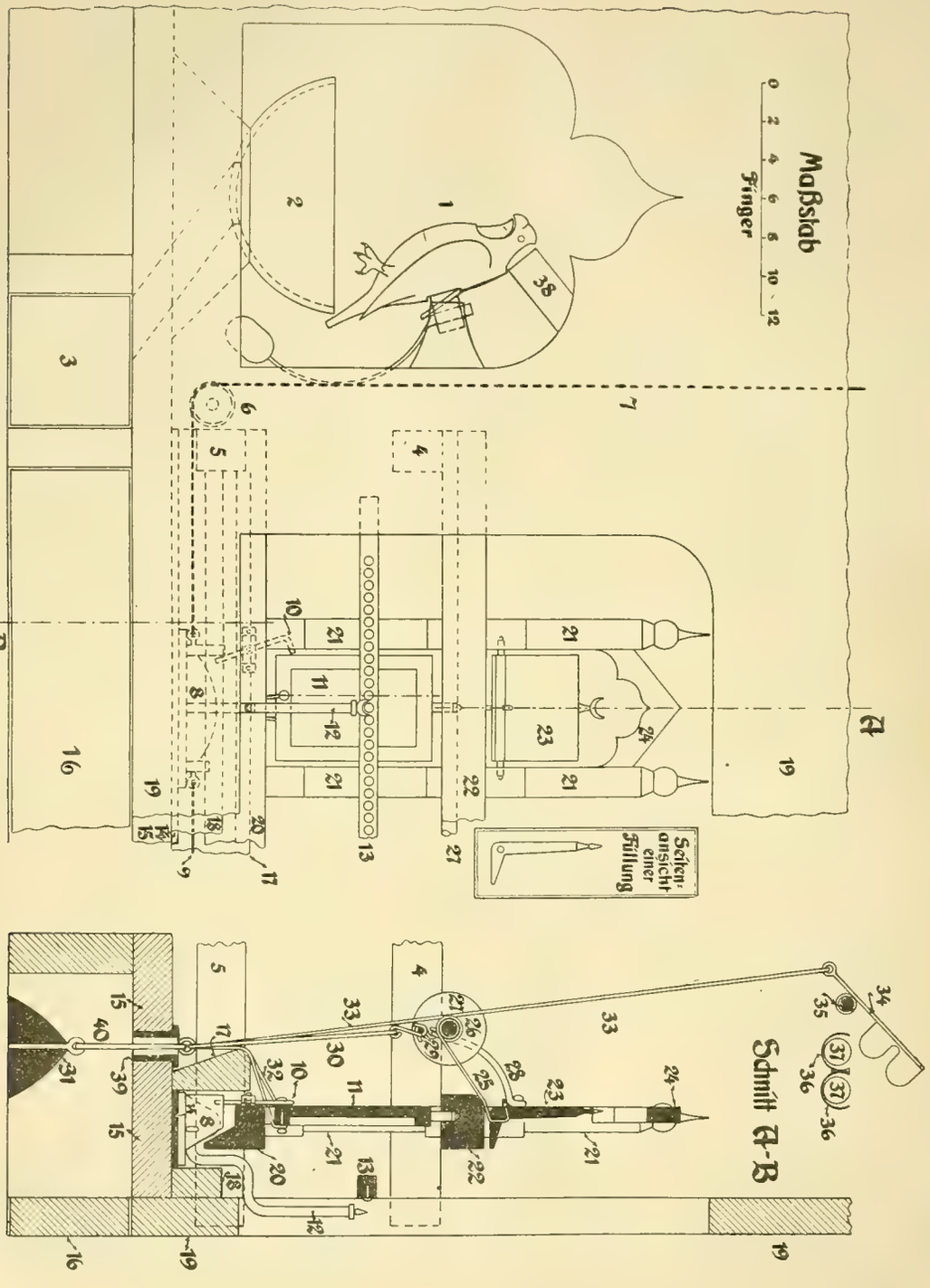


Fig. 133.

Im einzelnen ist, wobei die Zahlen sowohl für die Vorderansicht als auch für die Querschnittszeichnung gelten,

1: der linke Falke. Wie der Falke eigentlich angebracht war, ist nicht ganz klar.

Nach S. 238 wäre er aufserhalb der Seitenwand, seine Lagerung aber innerhalb derselben.

War die Anordnung tatsächlich derart, so mufste der den Falken mit seiner Lagerung verbindende „Pfeil“ wesentlich länger sein, als er in den Fig. 126 und 127 gezeichnet ist. Infolge des gröfseren Abstandes von dem Drehpunkt mufste sich dann der Falke sehr weit senken, um seinen Kopf merklich nach unten zu richten (vgl. S. 240). Dadurch verlor seine Bewegung wesentlich an Natürlichkeit.

Einen kurzen „Pfeil“ konnte man bei einer derartigen Anordnung nur dann verwenden, wenn in der Seitenwand unterhalb des Schlitzes für den Pfeil eine gröfsere Öffnung war, in welche der Schwanz des Falken eintreten konnte. Von einer derartigen Öffnung ist jedoch nichts erwähnt.

Bei der Durchführung der Rekonstruktionen in Fig. 127 und Fig. 133 wurde deshalb angenommen, der Schlitz in der Seitenwand diene nicht für die Bewegung des Pfeiles, sondern für diejenige der Mechanik mit dem Gegengewicht. Dabei erhält man zudem einfachere Verhältnisse; insbesondere dadurch, dafs die ganze Lagerung des Falken auf der Aufsenseite der Seitenwand ist.

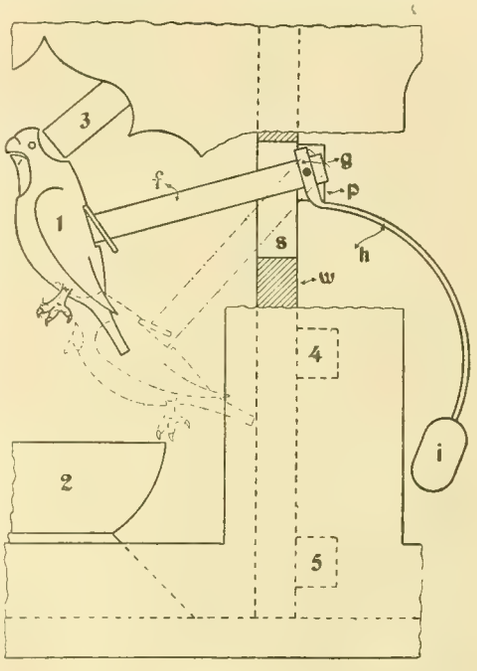


Fig. 133 a.

Fig. 133 a veranschaulicht demgegenüber die Anordnung mit durch die Uhrwand gehendem Pfeil und Lagerung der Falkenachse auf deren Innenseite. Es ist hier *1*: der Falke (der Mechanismus seines Schnabels ist ebenso wie in Fig. 127); *2*: der Becher mit der Zymbel, in den die Kugeln aus dem Falkenschnabel fallen; *3*: das Rohr, welches die Kugeln in den Falkenkopf führt; *f*: der „Pfeil“; *g*: die Achse des Falken; *h*: der das Gegengewicht tragende Stab (die „Mechanik“); *i*: das Gegengewicht; *p*: eine der beiden Platten, auf denen die Klötze (*k*, Fig. 127) befestigt sind, in denen sich die Spitzen der Achse (*g*) drehen; *w*: die Seitenwand der Uhr (sie ist hier entsprechend Fig. 133 [vgl. w. u.] unmittelbar an die Träger [*4* und *5*] der beiden Schwellen gesetzt); *s*: der „lange, schmale Schlitz“ in der Seitenwand, durch den der Pfeil geht. (Die Platten, von denen eine (*p*) gezeichnet ist, befinden sich zu beiden Seiten dieses Schlitzes an der Seitenwand der Uhr.) — In Fig. 133 a ist die Vorderwand sowie die Seitenwand (*w*) ein Stück weit bis zum Schlitz (*s*) ausgeschnitten, um die Bewegungsvorrichtung des Falken freizulegen. Die Abmessungen des „Pfeiles“ usw. wurden hier so gewählt, dafs sich der Falke bei seiner Neigung um denselben Winkel wie in Fig. 133 drehen kann, bis sein Schwanz an der Seitenwand anstöfst. (Vgl. den strichpunktiert gezeichneten Falken; er steht ebenso gegenüber dem Becher wie derjenige in Fig. 133 bei seiner gröfsten Neigung.) Der Falke mufs bei der Konstruktion nach Fig. 133 a so weit hinter der Vorderwand der Uhr sein, dafs das Gegengewicht hinter den „Rohren“ auf dem „Stab der Rohre“ vorbeischwingen kann. (Vgl. Schnitt $A—B$ in Fig. 133.) Dementsprechend müssen dann die Rohre für die Kugeln von den Rinnen aus etwas nach rückwärts verlaufen.

Ein Vergleich von Fig. 133 mit Fig. 133 a zeigt, dafs in dem zweiten Falle die Bewegung des Falken einem natürlichen Neigen weit weniger ähnlich ist als in dem ersten. Ferner mufs in dem zweiten Falle die Anfangslage des Falken gegenüber dem Becher viel höher sein als im ersten Falle, was ebenfalls weniger schön wirkt, auch wenn man die Öffnung für den Falken in der Vorderwand höher macht. Es spricht das ebenfalls für die Wahrscheinlichkeit der bei der Zeichnung von Fig. 127 und Fig. 133 gemachten Annahme über den Zweck des Schlitzes in der Seitenwand. —

Es ist weiter in Fig. 133: *2*: der vor dem Falken stehende kupferne Becher. Die stählerne Zymbel in seinem Innern wurde nicht gezeichnet. Ihre Lage usw. müfste erst durch Ausprobieren an einem Modell festgestellt werden. Hierbei würde sich möglicherweise auch für den Becher eine kleine Änderung seines Aufstellungsortes ergeben. (Dasselbe gilt naturgemäfs auch für Fig. 133 a.) Von dem durchbohrten Boden des Bechers führt eine Rinne durch den Sockel des Bechers und das Dach des „Hauses der Kugeln“ in dieses selbst.

Es ist *3*: die hölzerne Türe dieses „Hauses der Kugeln“; *4*: der linke Träger der oberen Schwelle; *5*: derjenige der unteren Schwelle. Beide sind aus Eisen; *6*: die vertikale Rolle; *7*: das über diese gehende Seil des Spanngewichtes. Dieses selbst wurde nicht gezeichnet; es bewegt sich,

wie Fig. 132 zeigt, rechts von dem Seile, das von der Rolle (*6*) in die Höhe geht. (In Fig. 123 ist das Gegengewicht von *Riḍwân* auf die andere Seite gezeichnet. Da jedoch die Fig. 132 weit sorgfältiger gezeichnet ist, so wird sie jedenfalls eher der Wirklichkeit entsprechen.) Ob dieses aufsteigende Seil sich innerhalb oder aufserhalb der Seitenwand der Uhr befand, ist nicht erwähnt; ebensowenig ist beschrieben, wie diese Seitenwand überhaupt angebracht war. Fig. 133 ist so gezeichnet, als ob die Seitenwand unmittelbar an die Träger (*4* und *5*) der Schwellen links anschliefse. Die Rolle (*6*) am Anfang der Bahn des Schlittens befindet sich dann in einer Aussparung der Seitenwand. Das über diese Rolle laufende Seil geht nahezu unmittelbar an der Aufsenfläche der Seitenwand in die Höhe. Dem Beschauer der Uhr ist es dadurch verdeckt, dafs die Öffnung für den Falken in der Vorderwand der Uhr nicht unmittelbar an der Ansatzstelle der Seitenwand, sondern erst etwas links davon beginnt. Das andere (nicht gezeichnete) Ende des Seiles, welches das Spanngewicht trägt, ist durch eine ebenfalls in einer Aussparung der Seitenwand an der Decke befindliche, genügend grofse Rolle soweit durch die Seitenwand ins Innere der Uhr geführt, dafs das Gewicht sich ungehindert dieser Wand entlang bewegen kann.

Die Seitenwand hätte natürlich auch links von der Rolle (*6*) und dem von ihr aufsteigenden Seile angebracht werden können. Es ist jedoch kaum anzunehmen, dafs dies der Fall war, da dann die Öffnung für den Falken noch weiter nach links hätte gerückt werden müssen. Nach S. 203 soll aber der von den Trägern der Schwellen (*4* und *5*) und dem Falken (anscheinend einschliefslich der für ihn nötigen Öffnung) eingenommene Raum nur wenig mehr als 1 Sp. betragen. Wenn auch die dort gemachte Mafsangabe nicht ganz klar ist, so scheint sie doch darauf hinzuweisen, dafs seitlich an Raum zu sparen ist. Dies spricht für den der Fig. 133 zugrunde gelegten unmittelbaren Anschlufs der Seitenwand an die Schwellenträger, zumal da die erwähnte Strecke bereits bei dieser Anordnung nahezu 2 Sp. beträgt. —

Das das Spanngewicht tragende Seil (*7*) ist an dem Schlitten (*8*) in einer Öse befestigt. Am anderen Ende des Schlittens ist ebenfalls in einer Öse ein Seil (*9*) befestigt, welches zu dem (nicht gezeichneten) vom Schwimmer bewegten Rad führt.

Der Schlitten ist in dem Augenblick gezeichnet, in welchem er nach Verlauf der ersten Stunde eben den kupfernen Sperrhaken (*10*) von der ersten drehbaren Türe (*11*) entfernt hat und diese demzufolge eine Drehung um 180° ausgeführt hat. Diese Türe ist aus vergoldetem und bemaltem Kupfer. Der Stab (*12*) am Schlitten steht mit seiner Mondsichel genau vor der Mitte der Türe (*11*) und vor dem hier befindlichen vergoldeten Nagel an dem kupfernen und vergoldeten Querstab (*13*).

Unter dem Schlitten ist die kupferne und vergoldete Platte (*14*), welche seine Bahn bildet. Sie ist auf dem hölzernen Dach (*15*) des „Hauses der Spanngewichte“ festgenagelt. Dieses Haus ist vorne durch eine Türe (*16*) aus Holz verschlossen.

Die Bahn des Schlittens wird hinten von der hölzernen *Râqûna* (*17*) begrenzt; vorne von der hölzernen „äufseren Schwelle“ (*18*). Vor dieser ist noch die ebenfalls hölzerne vordere Uhrwand (*19*) mit ihren entsprechenden Ausschnitten. Über dem Schlitten ist die unterschnittene „untere Schwelle“ (*20*) aus gegossenem Kupfer. In dieser sitzen die vergoldeten kupfernen Pfosten (*21*). Diese gehen oberhalb der unteren Türe durch die obere, eiserne Schwelle (*22*) und tragen hier um Zapfen drehbar die kupfernen und vergoldeten Füllungen (*23*). Über den Füllungen sind die Pfosten durch einen „Bogen“ (*24*) verbunden. Gleichzeitig mit der Umdrehung der unteren Türe wurde die Füllung durch Zug an der Kordel (*25*) aus der horizontalen in die vertikale Lage aufgerichtet. Der Zug an der Kordel wurde durch Aufwickeln auf das sich drehende „Rohr“ (*26*) ausgeübt. Es ist *27*: der eiserne „Stab der Rohre“; *28*: einer seiner drei Träger. Die Kordel (*25*) hängt mittels eines Hakens an dem zwischen den Endplatten des „Rohres“ (*26*) befestigten Stabe (*29*). An ebendemselben ist mittels der „Kette der Füllung“ (*30*) das bleierne „Spanngewicht“ (*31*) angehängt, welches die ganze Vorrichtung bewegt hat und jetzt auf dem Boden des „Hauses der Spanngewichte“ ruht.

An dem Spanngewicht sind aufserdem die seidenen Kordeln (*32*) der unteren Türe sowie die „Kette“ (*33*) der Klappen (*34*) befestigt. Die Klappen sind auf dem „Stab der Klappen“ (*35*) drehbar angebracht. Sie sind hier in dem Augenblick dargestellt, in welchem sie sich eben aus den kupfernen „Rinnen der Kugeln“ (*36*) entfernt haben. Die Kugeln aus gegossenem Kupfer (*37*) liegen infolgedessen noch an ihrem Platz, von dem sie nunmehr zu den beiden Falken rechts und links der Uhr rollen werden. *38* ist die Röhre, welche von dem Ende der einen Kugelrinne in den linken Falkenkopf führt. *39* ist die kupferne „Pfeife“ im Dach des „Hauses der Spanngewichte“, durch die der Stab (*40*) des ersten dieser Gewichte nach oben geht. —

Von der drehbaren Türe (*11*) wurde ein Modell entsprechend der Zeichnung angefertigt, welches sich in richtiger Weise bewegte.

Manchmal legt sich die Füllung nicht nieder, dann hat man die Kordel zu stark zusammengezogen; man läfst sie ein wenig nach. Legt sich die Klappe nicht nieder, so ist entweder die Kette an sich zu kurz oder die Kordeln an der Türe sind nicht straff genug gebunden. Man bringt dann an der Kette einen Haken an, durch den sie verlängert wird.

Hat man die Türe durch den Sperrhaken geschlossen und drückt ihn zur Seite, so öffnet sich die Türe und Füllung und Klappe sollen sich aufrichten. Ist das nicht der Fall, so liegt das an einer zu grofsen Länge der Kette oder an einem falschen Binden der Kordeln. Man hilft dem entsprechend ab.

So prüft man alle Türen; stets müssen, wenn die Sperrhaken zurückgelegt sind, alle Ketten und Kordeln straff sein.

Hierauf nimmt man zwei Kissen (*Michadda*) ähnlich denen, welche die Chirurgen (*Faṣṣâd*) benutzen. Man befestigt (*samar*) sie mit Fäden an dem westlichen Pfeiler (*Kabsch*) oberhalb der ersten Klappe. Wenn dann die Uhr sich zur Nachtzeit dreht, wobei die Kugeln hinter die Klappen gelegt sind, so breitet man die Kissen über die Kugeln, damit diese nicht bei Nacht herausrollen, wenn etwa eine Katze oder ein anderes Tier an die Schnüre der Klappen stöfst. Zu Anfang des Tages nimmt man dann die Kissen fort.[1])

Die Kugeln legt man bei Nacht hinter die 12 Klappen in den zwei Rinnen.

Vor Sonnenaufgang füllt man den Hauptbehälter mit Wasser, stellt das Mündungsstück ein, so dafs alles bei Sonnenaufgang fertig ist. Man füllt den Hauptbehälter ganz mit Wasser an, so dafs dieses auf allen Seiten überfliefst und sich der Schwimmer etwas über die Seiten des Hauptbehälters erhebt. Dies dient als ein festes Mafs, da man nach ihm die Länge des Seiles gewählt hat. Nun wird das Seil, das an die Kette gebunden ist, um das kleine Tagesrad gelegt. Sein Haken wird in die Öffnung im Gewölbe (*Ṭâq*) herabgelassen. Es soll straff und nicht schlaff sein, damit seine Bewegung nicht langsam erfolgt und es nicht zu lange zum Herabsinken braucht. Das Seil an dem Daumen soll aber nicht allzu straff gespannt sein; es soll eine Bewegung ausführen, die man nicht bemerkt, die aber doch vorhanden ist. Vereinigt man beide Dinge, so hat man die Sache richtig gemacht. Dann prüft man die Umdrehung während eines ganzen Tages. Man mufs dabei eine grofse Ausdauer entwickeln, denn wenn man zuerst die Uhr in Gang setzt, so erfolgt stets zunächst die Drehung der Türzapfen in den Schwellen nur schwierig, da sie scharf und rauh sind; dasselbe ist bei den Rollen usw. der Fall. Sowie man einen Fehler findet, entfernt man ihn. Sind die Seile zu lang, so bemerkt man das am Morgen beim Füllen des Hauptbehälters, denn dann sind sie schlaff. Das Seil, welches mit dem Schlitten verbunden und um das grofse Rad gelegt ist, ist hierbei schlaff und liegt auf der Bahn des Schlittens und der Bank (*Maṣṭaba*) auf. Dem hilft man durch Anziehen und Strecken der Seile ab, bis sie sich nicht mehr dehnen. Die Verkürzung nimmt man an dem Knoten an der Kette des Hakens an dem Schwimmer und der Schnur auf dem grofsen Rade vor.

Findet der Umlauf bis zum Sonnenuntergang nicht in entsprechender Weise statt, so nimmt man die nötigen Korrekturen vor.

Am zweckmäfsigsten setzt man die Wasserapparate folgendermafsen zusammen: Zunächst setzt man das Mündungsstück in die ihm zugehörige kurze Röhre und schmilzt

[1]) An einer anderen Stelle heifst es: Man darf nicht die beiden Kissen (*Rifâda*) vergessen, die sich auf dem westlichen Pfeiler (*Kabsch*) befinden, um mit ihnen die beiden Rinnen zuzudecken, damit die Klappen nicht frei beweglich sind und damit, wenn man die Kugeln einlegt, etwas vorhanden ist, das sie festhält, falls etwa irgend ein Tier die Vorrichtung in Unordnung gebracht hat.

Wachs über einer Lampe oder dergleichen und gießt es in die Zwischenräume. Dann macht man eine Sacknadel (*Misalla*) im Feuer heiß und fährt mit ihr über das Wachs, damit dies in alle vorhandenen Spalten gut eindringt. Darauf tröpfelt man von neuem Wachs auf, damit es um das Mündungsstück gleichsam einen hervorragenden Kragen bildet, der das Wasser hindert, das Mündungsstück durch seine Kraft aus seiner Lage zu bringen und zu erschüttern.

Gewöhnlich fertigt man das Mündungsstück aus Blei und befestigt es [durch Löten]. Das ist aber ein Fehler, denn Ton kann innerhalb kurzer Jahre das Mündungsstück verstopfen, dann muß man dieses selbst herausnehmen, es waschen und ebenso sein Rohr.

Nun setzt man das Mündungsstück auf, steckt die männliche Röhre in die weibliche und setzt den Splint in den Schlitz der männlichen Röhre.

Hierauf befestigt man an den beiden Ringen am Schwimmer *II* die Seidenkordeln, zieht sie durch die Löcher des Deckels, bindet sie um die viereckige Röhre und hebt den Schwimmer soweit, daß er die Öffnung des Deckels vollkommen verschließt. Tritt Wasser aus dieser aus, so hilft man dem durch Nachschleifen ab.

Nun wird der *Rubʿ* unter den Deckel so, wie sich aus dem früheren ergibt, gesetzt; die Vorsprünge am Deckel werden durch die Schlitze des Kragens geführt und der *Rubʿ* gedreht. Unter den *Rubʿ* schiebt man seine Säule und darunter den Keil. Hierauf löst man die beiden Kordeln ganz gleichmäßig, damit der Vorsprung am Schwimmer nicht aus der Öffnung heraustritt, sonst fließt zu viel Wasser in den *Rubʿ* und fließt an dessen Rand über. Beim Heben des Schwimmers wird dann oben die Öffnung nicht ganz verschlossen. Ein Überfließen kann auch dann eintreten, wenn der Abstand zwischen dem Kragen und dem oberen Rand des *Rubʿ* bezw. von dem Deckel zu klein ist, so daß der obere Rand den Deckel berührt. Man feilt dann den oberen Rand ab, bezw. senkt die den *Rubʿ* tragende Säule. (Dieses Herabfließen beruhte wohl auch auf einer Heberwirkung; diese konnte nur eintreten, wenn zugleich die Löcher im Deckel für die Schnüre des Schwimmers sehr eng waren. Die Stelle ist nicht ganz klar.)

Einige Zeit vor Sonnenuntergang gießt man Wasser in den Hauptbehälter, so daß dieser bei Sonnenuntergang gefüllt ist, und dreht das Mündungsstück in die der Nacht entsprechende Lage. Man hat schon bei Tage das Seil für die Nachtstunden angebracht; dabei hat man den Halbkreis auf die tiefste Stelle gestellt, so daß die Scheiben ganz enthüllt sind. Dann macht man an dem Ende des Durchmessers auf der linken Seite ein Zeichen; dies tut man, wenn man beabsichtigt, daß sich [am Tage] die Uhr der Sonne nicht dreht. Bei dem Ingangsetzen des Halbkreises gibt es zwei Möglichkeiten, bei der einen dreht er sich zugleich mit der Umdrehung der Uhr der Sonne, bei der anderen für sich allein.

Wir behandeln zunächst, wie man ihn allein in Gang setzt, dann wie man dies mit beiden tut.

Man nimmt den Halbkreis von der Achse und nagelt an dem Rande des vollkommenen Kreises, da wo sich das Zeichen am Ende des Durchmessers befindet, einen kräftigen Nagel senkrecht zum Rande des Kreises ein, damit, wenn der Kreis sich dreht, der Nagel auf nichts stößt, was ihn festhält. Dann nimmt man ein Seil, das dicker ist als das sechsfache, damit infolge seiner Dicke der Betrieb des Kreises,

des Halbkreises, sowie ihre Ausgleichung durch das Spanngewicht richtig vor sich geht. Dies sehr lange Seil legt man von dem Nagel aus um den Kreis (seine Mitte etwa befindet sich am Nagel) und befestigt es in der Nähe des ersten Nagels noch mit anderen Nägeln, so dafs es sich von diesen nicht loslösen kann. Hierauf legt man das Seil um den vollkommenen Kreis. Die beiden Enden führt man in entgegengesetzter Richtung um den Kreis, so dafs das obere Ende nach unten und das untere nach oben geht. Hierauf befestigt man den Halbkreis wieder an seiner Stelle, wobei die Scheiben unbedeckt sind. Die beiden Seilenden führt man in der Rille des Kreises, das eine geht von unten nach oben, das andere umgekehrt. Jedes der Seile zieht (d. h. dreht) den Halbkreis nach seiner Seite. Hat man auf dem rechten Pfeiler (*Kabsch*) zwei Rollen angebracht, so zieht man über jede von ihnen ein Seilende; hat man aber auf der rechten Seite, und diese mufs es sein, eine Rolle angebracht, so führt man das von unten kommende von oben über ihr und das von oben kommende unter ihr weiter. Man geht dann mit dem Seil zu dem Rollenpaar, für das in einem viereckigen Holz zwei entsprechend grofse Stellen ausgeschnitten sind, an denen sie so angenagelt sind, dafs sie sich drehen können. Jedem Seil kommt eine dieser Rollen zu. So oft die Seile um Ecken oder Winkel gehen, wird für sie ein Rollenpaar angebracht, bis sie endlich über der Öffnung des Gewölbes anlangen. Dort bringt man einen Balken (*ʿIrnâs*) mit breitem Ende an, in zwei dort angebrachten Einschnitten werden Rollen befestigt. Den Balken nagelt man fest und die Rollen auf ihm. Die beiden Seile werden über sie geführt und das eine an einem Spanngewicht, das andere an dem Schwimmer befestigt.

Nun dreht man den Halbkreis, bis er die 12 Scheiben verdeckt. Von den beiden Seilenden zieht man das eine von oben und das andere von unten. Zieht man an dem unteren, so enthüllt dies die Scheiben, vorausgesetzt, dafs man die Enthüllung von rechts nach links vornehmen will. An dem Ende des von oben kommenden Seiles ist das Spanngewicht angehängt; es sorgt für die richtige Bewegung des Halbkreises. Soll die Enthüllung der Scheiben von links nach rechts erfolgen, so wie die Tagesstunden aufeinander folgen, so nagelt man den Nagel auf das andere Ende des Durchmessers und wickelt das Seil im entgegengesetzten Sinne. Das Geheimnis ist, dafs der Nagel sich auf der entgegengesetzten Seite befindet und man das Seil so wickelt, wie man die Drehung haben will. Die Figuren 134 und 135 zeigen die zwei Arten der Nagelung.[1])

* Die Figuren 134 und 135 entsprechen der Stellung zu Beginn des Tages. Während eines solchen werden die Scheiben durch den Halbkreisring verhüllt. Die Drehrichtung ist dabei in Figur 134 im Sinne des Uhrzeigers, in Figur 135 im umgekehrten Sinne. Nachträglich von uns eingezeichnete Pfeile geben die Drehrichtung an.

[1]) Die folgenden Ausführungen zwischen * und * auf S. 260 sind unter Benutzung des Textes von *Riḍwân* bearbeitet worden. Bei der umständlichen Art der Darstellung und der häufigen Wiederholung derselben Worte und Sätze haben sich im Laufe der Zeit in die Abschriften wohl Unklarheiten und auch Fehler eingeschlichen. So wird z. B. öfters davon gesprochen, dafs die Sonnenscheibe der „Uhr der Sonne“ nachts unter dem Horizont herumgehe, was aber bei *Riḍwâns* Uhr unmöglich war, da bei ihr die Achse, auf der diese Scheibe safs, immer nur halbe Umdrehungen machte, und zwar am Tage in entgegengesetzter Richtung als bei Nacht. Wegen der Mängel der Handschrift mufsten hier die Ausführungen wesentlich freier gestaltet werden, als das sonst der Fall war.

Die eingefügten Figuren 134 a und 135 a zeigen in entsprechender Weise schematisch beide Fälle zu Beginn der Nacht, während welcher die Scheiben enthüllt werden. Von den beiden Möglichkeiten der Befestigung des Seiles bezeichnet *Riḍwân* später diejenige als die bessere, welche die „Uhr der Sonne“ bei Tage entsprechend dem Laufe der wirklichen Sonne sich oberhalb des Horizonts von Ost nach West umdrehen läfst. Die Figuren 134 a und 135 a zeigen besser als die von *Riḍwân*, dafs die von *Riḍwân* angegebene Führung des Seiles in ungeeigneter Weise erfolgte, zumal da ja seitwärts des grofsen Nagels weitere Nägel waren. Eine halbe Umdrehung hätte ungehindert in dem verlangten Sinne erfolgen können, wenn die Nagelung des Seiles an den in den Figuren mit *II* bezeichneten Stellen erfolgt[1]) oder das Seil einmal ganz um die vollständige Scheibe gelegt worden wäre. Dafs keines von beidem der Fall war und die Figuren sowie die bisherige kurze Schilderung wohl mit der tatsächlichen Führung des Seiles übereinstimmen, dafür spricht die nun folgende Schilderung, bei der zunächst nochmals die Anbringung des Seiles an der Kreisscheibe für beide Enthüllungsrichtungen geschildert wird.

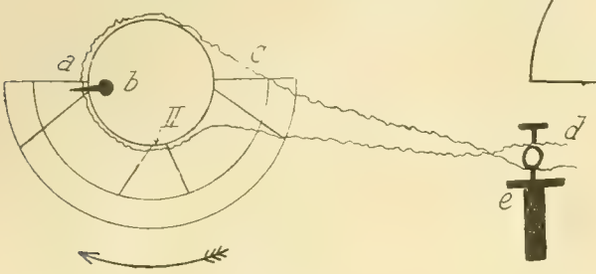


Fig. 134.

Es steht bei *a*: die linke westliche Seite; *b*: der Nagel; *c*: die rechte östliche Seite; *d*: die Rolle; *e*: der Pfeiler. (*Kabsch*).

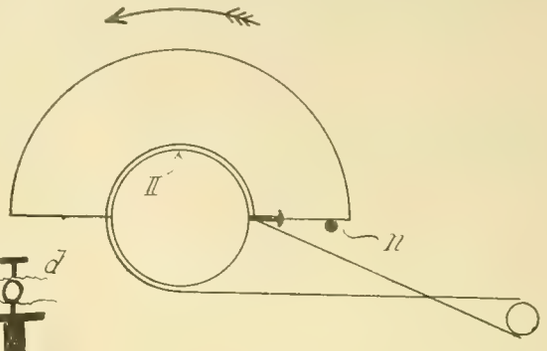


Fig. 134 a.

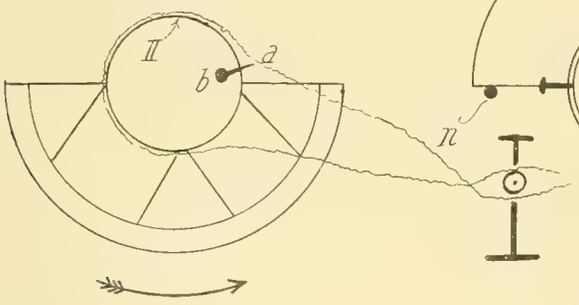


Fig. 135.

Es steht bei *a*: das Seil; *b*: der Nagel.

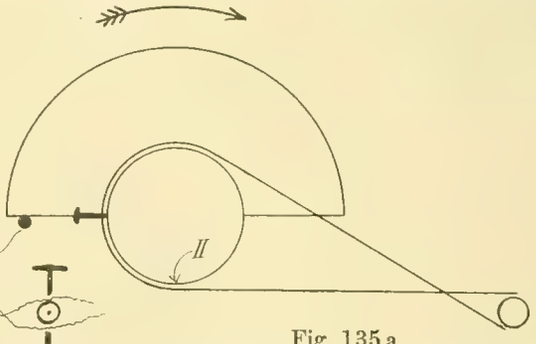


Fig. 135 a.

[1]) Die der Fig. 134 a nach $^1/_4$ Umdrehung entsprechende Fig. 131, S. 244, zeigt im Gegensatz zu den anderen Figuren diese Art der Nagelung.

Hierauf wird in derselben Weise die weitere Führung des Seiles beschrieben, wobei erst die oben angedeutete Unterscheidung zwischen zwei Fällen zur Erscheinung kommt.

Der erste Fall ist der, dafs die Uhr der Sonne nicht in Gang gesetzt wird oder nicht vorhanden ist, also nur bei Nacht eine halbe Umdrehung der Achse erfolgt, während sie bei Tage stille steht.

Im zweiten Falle wird die Uhr der Sonne auch in Gang gesetzt; es mufs also bei Tag und Nacht je eine halbe Umdrehung der Achse erfolgen.

Beide Fälle unterscheiden sich nicht in der Führung des Seiles um die Kreisscheibe, über die eine — oder wenn man will zwei, d. h. für jedes Seil je eine — Rolle an der Säule,[1]) ferner über alle weiteren Rollenpaare, die durch Ecken usw. nötig werden, und endlich über das Rollenpaar senkrecht über der Öffnung zu dem Gewölbe der Wasserbehälter.

Nach diesem Rollenpaar besteht jedoch ein Unterschied zwischen beiden Fällen.

In dem ersten Falle braucht nur ein Seilende durch das Gewölbe zu dem Schwimmer geführt zu werden und zwar dasjenige, an welchem man ziehen mufs, um die Enthüllung der Scheiben zu betreiben. An dem anderen Seilende hängt ständig ein Gegengewicht. Um eine Verwirrung der Seile möglichst zu verhüten, läfst man dieses Seilende nicht in das Gewölbe hinabhängen, sondern führt es über eine Rolle, die sich an einer Art Wandarm befindet. Unterhalb dieser Rolle wird das Gegengewicht angehängt; so hoch, dafs es bis zu dem Gewölbe über den Wassergefäfsen den zu seiner Bewegung nötigen freien Raum hat. Die nötige Strecke beträgt etwas weniger als $1^1/_2$ Ellen.[2])

Wird nun am Morgen nach der Enthüllung der Scheiben das am Schwimmer befindliche Seilende für die Dauer des Tages gelöst, so dreht das Gegengewicht den Halbkreis wieder in die Höhe, so dafs er die Scheiben wieder verhüllt. Damit er nicht über diese Stellung hinaus gedreht wird, wird ein Anschlagstift (*n*, Figuren 134 a und 135 a) in der Uhrwand befestigt. Am Abend braucht man dann nur das morgens gelöste Seilende wieder an den Schwimmer zu binden und das Spiel beginnt von neuem.

Dieselbe Anordnung liefse sich natürlich auch im zweiten Falle verwenden, wenn die Achse auch bei Tage eine halbe Umdrehung machen und dabei die „Uhr der Sonne“ sich entsprechend dem Gang der wirklichen Sonne bewegen soll. In diesem Falle wäre diese Anordnung der Seilenden sogar besonders einfach, da man das antreibende Ende niemals vom Schwimmer zu lösen brauchte und die Achse morgens und abends beim Auffüllen des Wassers im Hauptbehälter und bei dem damit verbundenen Steigen des Schwimmers durch das Gegengewicht selbsttätig in die Anfangslage gebracht würde. Die halbe Umdrehung der Achse erfolgte dann bei Tag und Nacht in derselben Richtung, beidemale würden die Scheiben enthüllt.

Auffallenderweise kommt *Riḍwân*, soviel sich aus dem Text ersehen läfst, nicht zu der Erkenntnis der Verwendbarkeit dieser einfachen Methode auch für die „Stunden der Sonne“. Er schildert vielmehr ein sehr umständliches Verfahren für den

[1]) Diese Rolle ist in den Figuren 134 und 135 noch gezeichnet.

[2]) Diese Strecke entspricht dem Sinken des Schwimmers im Verlaufe der Nacht und dem halben Umfang des vollständigen Kreises der Nacht. Nach S. 188 sinkt der Schwimmer im Tage (12 Stunden) etwa um $^1/_3$ der Höhe des Hauptbehälters, d. h. etwa um $^1/_3 \cdot 6{,}5$ Sp. $= 2^1/_6$ Sp.; also etwas weniger als $1^1/_2$ Ellen.

zweiten Fall. Bei diesem Verfahren erfolgt die Drehung der Achse bei Tage in umgekehrtem Sinne als bei Nacht. Bei Tage werden dabei die Scheiben verhüllt (Figuren 134 und 135), während sie nachts enthüllt werden (Figuren 134a und 135a).

Bei dieser Methode müssen beide Seilenden durch das Gewölbe zu den Wasserbehältern geführt werden, da bei Tage das eine, bei Nacht das andere mit dem Schwimmer verbunden werden mufs. Diese Verbindung geschieht durch einen Haken, der in die an den betreffenden Seilenden befestigten Ketten eingehängt wird.

Das jeweils vom Schwimmer freie Ende mufs durch ein Gegengewicht beschwert werden. Bei Tage, wo das Gewicht des die Scheiben verhüllenden Halbkreisringes der Drehung entgegenwirkt, genügt ein leichtes, lediglich das Seil spannendes Gegengewicht. Bei Nacht dagegen mufs ein schweres Gegengewicht angehängt werden, um das Überkippen des nach abwärts sich drehenden, die Scheiben enthüllenden Halbkreisringes zu verhüten. Um ein Überkippen nach der anderen Seite vor dem Anbinden des bewegenden Seilendes am Schwimmer infolge des Zuges des Gegengewichtes zu verhüten, dient wie bei dem ersten Falle der in die Uhrwand geschlagene Nagel (*n*). Das Anhängen der Gegengewichte usw. wird ebenfalls sehr weitläufig geschildert. Dafs *Riḍwân* die umständlichere Methode wählte, ist jedenfalls nur auf ein Nichterkennen der Verwendbarkeit der einfacheren zurückzuführen, zumal da erstere gegenüber der einfacheren keinerlei Vorteile bietet.

Bei der einfacheren Methode erfolgt die Bewegung der „Uhr der Sonne“ Tag und Nacht in derselben Richtung, beidemale über dem Horizont zugleich mit dem Tierkreiszeichen, in dem sie steht. Bei der umständlicheren Methode erfolgt die Bewegung der „Uhr der Sonne“ ebenfalls ständig über dem Horizont, nur in der Nacht in entgegengesetzter Richtung wie am Tage.

Dabei dreht sich natürlich der ganze Tierkreishimmel nachts nicht nur im falschen Halbkreis,[1]) sondern auch in verkehrter Richtung, so dafs auch diese Methode nachts keinen richtigen Verlauf der Himmelserscheinungen zeigt.

Es ist das auch an sich gleichgültig, da man ja die ganze „Uhr der Sonne“ nachts nicht sieht.

Eine Vereinfachung der umständlichen Methode durch Verwendung desselben schweren Gegengewichtes für Nacht und Tag hält *Riḍwân* für unzweckmäfsig, da dann am Tage, wo auch der Schlitten zu ziehen ist, der Bewegungswiderstand zu grofs wird. Für nötig scheint *Riḍwân* die Verwendung nur eines Gewichtes zu halten, wenn man wie sein Vater und andere nur alle 24 Stunden einmal den Hauptbehälter füllt, so dafs die Achse eine volle Umdrehung macht. *Riḍwân* selbst füllte aber morgens und abends, worüber er sich noch folgendermafsen äufsert:

„Ich habe den Hauptbehälter in anderer Weise gefüllt als mein Vater und andere, die nur einmal für Tag und Nacht Wasser eingossen. Ich habe es vorgezogen, das Wasser einmal für den Tag und einmal für die Nacht einzugiefsen. Das bietet eine Reihe von Vorteilen.

1. Bei dem ersten Verfahren mufs man viel Wasser eingiefsen; dabei wird das im Hauptbehälter befindliche Wasser, das nur in geringer Menge vorhanden ist,

[1]) d. h. die Tierkreiszeichen, welche über dem Horizont sein sollten, bewegen sich unter ihm und diejenigen, welche unter ihm sein sollten, über ihm.

getrübt. Denn bei dem Eingiefsen des Wassers wird das im Behälter befindliche bewegt und dabei trübe, so dafs der aufgewirbelte Schmutz das Mündungsstück verschliefst und verengt; dadurch wird das Werk gestört.

2. Fliefst aus irgend einem Grunde aus dem Mündungsstück zu wenig Wasser aus, so trifft der Schaden die Stunden der Nacht und des Tages. Giefst man das Wasser zweimal des Tages ein, so treten diese Schäden und auch andere nicht auf.[1]) Das haben wir am Anfang des Buches besprochen."

Kurz erwähnt *Riḍwân* anläfslich dieser Schilderungen auch den Fall, dafs sich nicht nur an der rechten, sondern auch an der linken („westlichen")[2]) Säule eine Rolle befindet. Diese Stelle lautet:

„Hast Du an dem anderen Pfeiler eine Rolle angebracht und willst Du das Seil von der Unterseite des vollständigen Kreises zu ihr ziehen und darumlegen und das Ende von unten hervorziehen und es nach der Rolle auf dem ersten Pfeiler ziehen und es an ihr anbringen, so kannst Du das tun.

Wenn Du es nicht machst, so ist das nicht notwendig, nur dafs der andere Pfeiler durch die andere Rolle verschönt wird, wie dies mein Vater tat.

Die an dem westlichen Pfeiler angebrachte Rolle hat einen Vorzug, wenn der Halbkreis von Westen nach Osten enthüllt wird, bezogen auf die Tagesuhr[3]) (ebenso natürlich im anderen Falle). Denn von den Enden des Seiles, welches sich auf dem vollkommenen Kreis befindet, ist eines oberhalb; es ist das, welches den Halbkreis von den Scheiben fortzieht und zu dem anderen (d. h. westlichen) Pfeiler umgebogen ist und unter ihm (d. h. wohl dem vollen Kreis nach links) durchgeht. Das andere Ende ist das, welches unter ihm (d. h. wohl dem vollen Kreis nach rechts) fortgeht und nur zu der rechten Rolle geht und über sie von oben geht."

Es geht aus der zitierten Stelle nicht vollkommen klar hervor, wie die Führung des Seiles eigentlich war. Jedenfalls erfolgte sie in der in Figur 136 von uns gezeichneten Weise. Ebensowenig wie die Führung des Seiles wird aus dieser Stelle klar, warum eigentlich die „westliche" Rolle einen Vorzug haben soll.

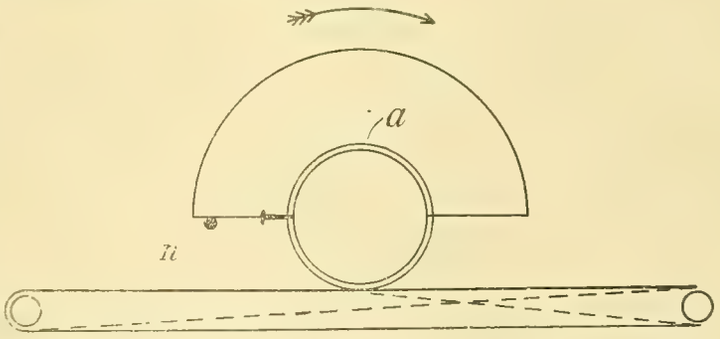


Fig. 136.[4])

[1]) Das ist ein Irrtum; die Schäden treten ebenso auf, machen sich aber nur halb so stark bemerkbar.

[2]) Vgl. die Beischriften zu Fig. 134.

[3]) Mit Ost und West bezeichnet *Riḍwân* oft unabhängig von den wirklichen Himmelsrichtungen die Stellen der Uhr, an denen die Sonnenscheibe der „Uhr der Sonne" auf- und untergeht.

[4]) Zweckmäfsiger als die ausgezogen gezeichnete Führung des Seiles wäre eine solche nach den gestrichelten Linien gewesen. Die Angaben des Textes deuten jedoch auf die erste Führung.

Ein solcher ist allerdings vorhanden. Er besteht zunächst in einer besseren Umschliefsung der Vollkreisscheibe und damit einem ungehinderten Verlauf der halben Umdrehung bei den von *Riḍwân* gezeichneten Lagen des das Seil haltenden Nagels.

Ein weiterer Vorteil dieser Seilführung war die Vermeidung eines einseitigen Zuges auf die Achse, was besonders bei der Abnützung der Spitzenlagerung ins Gewicht fiel.

Bei der Schilderung der Seilführung erwähnt *Riḍwân* endlich noch, dafs die richtige Länge und Spannung der Seile zu kontrollieren sind, sowie dafs man die Gegengewichte durch Ausprobieren feststellt, indem man das Seil mit Gewichten beschwert, und zwar zunächst 4 *Ûqîja* anbringt und dann von 20 zu 20 *Dirham* ansteigt, „bis man ein Gewicht gefunden hat, das dem Halbkreis das Gleichgewicht hält, so dafs er sich auf einmal (d. h. nicht ruckweise) dreht, und bis es nicht zu schwer ist, so dafs es den Zug auf den Halbkreis hindert und die Drehung zu einer langsamen macht".

Nach den Ausführungen über die Führung usw. der Seile folgen weitere Vorschriften über die Bedienung der Uhr, und zwar zunächst der „Uhr der Sonne".*[1])

Um die Uhr der Sonne richtig einzustellen, dreht man den Kreis der Nacht [mit der Hand], denn erstere dreht sich mit letzterem, da sie beide auf den zwei viereckigen Stücken der Achse aufgesetzt sind. Man dreht so weit, bis der Kreis, an dem sich der Stab der Sonne befindet, vor der früher erwähnten [zu einer Türe ausgebildeten] viereckigen Öffnung steht. Nun dreht man den auf dem runden Stück der Achse befestigten Tierkreis so lange, bis das Loch an dem Stab unterhalb der Sonne sich gegenüber dem Loch an dem Anfang oder der Mitte oder dem Ende des Tierkreiszeichens befindet [entsprechend der Zeit im Jahr]. Durch die beiden Löcher steckt man dann einen Stift, dessen äufseres Ende vergoldet ist und an dessen innerem Ende sich ein Loch befindet, in das man einen Splint setzt, der das Ganze zusammenhält. Alle zehn Tage verschiebt man den Tierkreis gegen den Stab und befestigt ihn am nächsten Loch [im Tierkreis]. Stets, wenn die Sonne zehn Grade durchlaufen hat, dreht man den Halbkreis der Nacht und mit ihm den Tierkreis gegen den Stab der Sonne und verbindet sie dann. Am Ende des Monats sieht man die Sonne am Ende des Tierkreiszeichens, an dessen Mitte in der Mitte des Zeichens, an dessen Anfang am Anfang des Zeichens.

Beim Aufsetzen der Sonnenscheibe mufs man darauf achten, dafs der Stab an der Sonnenscheibe von aufsen genau parallel zum Horizont ist und innen genau im Osten ist, das ist der Fall, wenn der Stab parallel dem Rande des Halbkreises liegt. Ist die Sonne zunächst unter dem Horizont, so wird sie am Tage sichtbar und bewegt sich über dem Horizont. In der Nacht ist sie verborgen und bewegt sich unter dem Horizont.[2])

Den Stab mit der Sonnenscheibe mufs man so auf dem viereckigen Stück der Achse befestigen, dafs, wenn der Halbkreis die Scheiben verdeckt, der Sonnenkörper

[1]) Von hier an schliefst sich die Darstellung wieder eng an *Riḍwân* an.

[2]) Die Ansicht, dafs sich die Sonne der „Stunden des Tages" nachts unterhalb des Horizontes bewege, ist, wie weiter oben gezeigt wurde, ein Irrtum.

genau unter dem östlichen Horizont steht und, wenn alle enthüllt sind, er genau unter dem westlichen Horizont steht.[1])

Ist etwas von der Sonnenscheibe auf einer Seite des Horizontes sichtbar, so feilt man etwas mit der Feile ab und macht die Scheibe kleiner.

Wir hatten noch eine Platte erwähnt, die vom Anfang des Zeichens bis zu dessen Ende benutzt wird. In ihr sind die Löcher und wenn man will, so verfährt man wie erwähnt. —

Nun wird noch einmal das Umhängen der Ketten und Spanngewichte am Anfang eines Tages geschildert, dann wird erwähnt, dafs, so oft eine Stunde der Nacht verflossen ist, eine Scheibe entblöfst und ein halbes Tierkreiszeichen erschienen ist. Zieht der Schwimmer nur schwierig, so macht man das Spanngewicht leichter.

Betont wird, dafs zwischen den für die Sonnenstunden dienenden Vorrichtungen und der Wand keine Hindernisse vorhanden sein dürfen, damit die Drehung leicht erfolgt. Diejenige des Halbkreises der Nacht und des Tierkreises erfolgt Gerstenkorn für Gerstenkorn in gleicher Weise, da letzterer mit der Sonnenplatte verbunden ist und diese selbst wieder auf derselben Achse mit dem Halbkreis sitzt. Die nun folgende Schilderung des Laufes der Sonne bei Nacht und bei Tage und die entsprechende Enthüllung der Scheiben bei Nacht und deren Bedeckung bei Tage ergibt sich ohne weiteres aus dem Früheren, weshalb sie weggelassen werden soll, zumal da sie nicht frei von Irrtümern ist. Der Schlufs dieser Ausführungen lautet:

Wir haben Dir nun anempfohlen, dafs, wenn Du den Sonnenkörper aufsetzest, Du ihn so aufsetzest, dafs er sich stets[2]) unter dem östlichen Horizont befindet. Ist

[1]) *Riḍwân* hat also anscheinend für die Sonnenscheibe die der wirklichen Sonne entgegengesetze Umlaufsrichtung für den Tag gewählt, obwohl er früher die umgekehrte Richtung für sachgemäfser erklärt hat.

[2]) Wenn die Sonne stets unter dem östlichen Horizont vor dem Beginn ihrer Bewegung sein soll und die Scheiben Tag und Nacht enthüllt werden sollen, so mufs bei den in den Figuren 134—136 dargestellten Anordnungen die Achse Tag und Nacht ihre halbe Umdrehung in derselben Richtung machen. Das wäre nur bei der weiter oben erwähnten einfachen Methode möglich.

Da sich im vorhergehenden keine Stelle findet, aus der klar hervorginge, dafs *Riḍwân* tatsächlich diese einfache Methode zur Anwendung empfehle, so ist es möglich, dafs dieser Sinn hier nur dadurch hereinkommt, dafs in diesem Satze ein „morgens“ und in dem folgenden ein „verhüllen“ vergessen oder von einem Abschreiber übersehen wurde. Die Angabe, dafs sich die Sonne der Uhr nachts unter dem Horizont bewegt, wäre dann wie weiter oben als irrtümlich anzusehen.

Der Inhalt der beiden Sätze trifft dagegen für eine aus den sonstigen Angaben *Riḍwâns* nicht mit Sicherheit zu entnehmende Methode der Bewegung der Uhr der Sonne und der Nacht zu. Man kann sie mit der in Fig. 136 dargestellten Anordnung erreichen, wenn man den Nagel (*n*) entfernt und das Seil auf dem Vollkreis statt an der bisherigen Stelle bei *a* annagelt. Man kann dann morgens und abends dieselbe Ausgangsstellung (entsprechend Fig. 136) mit der Sonne im „Osten“ verwenden und ferner dadurch, dafs man morgens das eine und abends das andere Seilende mit dem Schwimmer verbindet, während man das jeweils freie mit einem Gegengewicht beschwert, erreichen, dafs:

1. die Sonne sich bei Tage oberhalb des Horizontes und bei Nacht in entgegengesetzter Richtung unterhalb desselben bewegt;

2. die Scheiben bei Tag und Nacht enthüllt werden, das eine Mal in entgegengesetzter Richtung als das andere Mal.

Gegenüber der von *Riḍwân* ausfürlich beschriebenen umständlichen Methode hat diese hier den Vorteil, dafs man für Tag und Nacht dasselbe Gegengewicht verwenden kann.

er dort, so folgt [die Sonne] bei ihrer Drehung dem Halbkreis oberhalb des Horizonts und in der Nacht unterhalb und die nächtlichen Scheiben enthüllen sich bei Nacht nach dem Plan und bei Tage als Folgeerscheinung [da sich die ganze Uhr dreht]. So ist dies vollendet und alle Stunden drehen sich durch all ihre Instrumente und deren Teile und es bleibt keine Unordnung, so dafs der Zweck erreicht ist.

Wichtige Vorschriften für die Anwendung der Apparate.[1])

Die Rollen, die für die Stunden der Nacht und die Sonne bestimmt sind, müssen genau parallel dem Umfang des vollständigen Kreises angebracht werden und tiefer als dieser stehen, sonst zieht das Seil nicht gleichmäfsig an dem Kreis und setzt ihn nicht entsprechend in Umlauf.

Die Spanngewichte für die Stunden der Nacht und für die Sonne dürfen nicht gleich sein. Das erstere mufs das schwerere sein. Durch einfaches Ausprobieren findet man das genau richtige Gewicht.

Den Rand der Scheiben und die Bögen über den Türen soll man nur mit vergoldeten Nägeln annageln.

Auf der Bahn des Schlittens darf keine Stelle höher sein als eine andere, denn, wenn sie auf einer Seite abschüssig ist, so geht der Schlitten dort schneller und da, wo sie ansteigt, langsamer.

1. Uhr für die Nacht. Die Lampe darf weder von den Scheiben weit abstehen, da man dann das Licht von aufsen nicht sieht, noch darf sie ihnen zu nahe stehen, da man sonst Licht hinter dem [verdunkelten] Halbkreis sieht und auch die noch nicht freigelegten Stellen hell erscheinen.

Der Träger für den Halbkreis der Nachtuhr, wenn man als solchen die *ʿIdâḍa* benutzt, darf nicht nachgeben, so dafs er etwas über die Achse hervortritt und sich von der Wand entfernt, denn dann sieht man das Licht hinter ihm und alles ist erleuchtet. Man mufs ihn jede Nacht gegen die Wand drücken und ihn mit ihr in Verbindung bringen. Ist der Träger der mit Schneckenvorrichtung versehene Kreis, so ist das genügend für die Befestigung.

Die Lampe mufs genau der Achse des Halbkreises gegenüber stehen, damit sie nach allen Seiten gleichmäfsig leuchtet. Man mufs darauf achten, dafs an den Seilen der Nacht nicht das Tagesrad und anderes festhängt oder die Seile zwischen die Rollen und die Spalten (*Schaqq*) gelangen oder aus den Rinnen der Rollen heraustreten.

2. Uhr für den Tag. Man stäubt die Rinnen für die Kugeln jeden Tag ab und untersucht, ob auch nicht etwa andere Dinge hineingeraten sind. Ebenso verfährt man mit der Bahn für den Schlitten von innen und aufsen, damit sich auf ihr nichts befindet, das ihn an der Bewegung hindert; denn sonst bleibt das Spanngewicht stehen, der Schwimmer hängen und der Schlitten rückt nicht voran.

---

[1]) Die meisten der Vorschriften ergeben sich als selbstverständlich aus dem Früheren, wir teilen daher nur einige mit.

Weiter untersucht man die Türzapfen auf Staub, der sie in der Bewegung hindern würde, ebenso die Pfeifen der Stäbe, die sich an den Spanngewichten befinden.

3. Vorschriften, die für die Uhr für die Nacht und den Tag gemeinsam sind. Man mufs den mit dem Mündungsstück verbundenen Zeiger stets an die richtige Stelle stellen, d. h. ihn jeden fünften Tag um einen Teil der sechs Teile eines jeden Tierkreiszeichens vorrücken und ihm bei Nacht die entgegengesetzte Lage wie bei Tage geben. Das Mündungsstück ist darauf zu untersuchen, ob es nicht etwa durch Ton verstopft ist. Die Dichtigkeit aller Lötstellen mufs untersucht werden.

Der Tierkreis gilt für alle Breiten und Zeiten, denn die Parallelkreise der Tierkreiszeichen haben unter allen Breiten die gleiche Beziehung. Die Parallelkreise von Widder und Wage haben unter allen Breiten denselben mittleren Abstand [vom Pol]. Der Parallelkreis des Krebses ist unter allen Parallelkreisen vom Pol am weitesten entfernt, gleichgültig welche Breite man zugrunde legt. Befindet sich die Sonne in ihm, so hat man den längsten Tag des Jahres. Betrachtet man irgend eine Breite, so sind die Tage des Jahres an einem unter ihr gelegenen Ort gleich lang, wenn die Sonne in dem Widder oder in der Wage steht, sonst aber verschieden. [Dabei ändert sich die Länge der Tage beim Eintritt der Sonne in verschiedene Tierkreiszeichen qualitativ in derselben Weise, nicht aber quantitativ] stets entspricht aber dem Eintritt der Sonne in den Parallelkreis des Krebses der längste Tag. Nach ihm richtet man die übrigen. Das Loch des Mündungsstückes wird dann nach dem Gang der Sonne an einem Tage eingerichtet und entsprechend an anderen Tagen verändert.[1])

Man prüft die Richtigkeit oder Unrichtigkeit des Werkes auf das Zuviel oder Zuwenig oder daraufhin, ob etwas in Unordnung ist, indem man die Uhr bis zur Mitte des Tages beobachtet. Dann bestimmt man mit dem Astrolab die höchste Erhebung [die dem wahren Mittag entspricht] und vermehrt oder vermindert den Ausflufs des Wassers, bis es dem Ablauf von sechs Stunden bis zu der gegebenen Erhebung entspricht. Dann beobachtet man bis Sonnenuntergang. Dabei kommt jeder Fehler, der einen zu schnellen oder zu langsamen Verlauf bedingt, zur Geltung. Geht es zu schnell, so ist das Mündungsstück zu weit oder das Wasser fliefst an irgend einer Stelle aus oder die Länge der Strecke für die zwölf Stunden ist zu kurz; der Fehler bleibt bestehen, wenn man nicht der zu schnellen Bewegung durch Anfertigen eines anderen Mündungsstückes abhilft. Geht die Sache zu langsam, so ist das Mündungsstück zu eng oder es ist ein Hindernis vorhanden. Dies kann den Daumen am Schlitten oder die beiden Tagesräder betreffen oder es kann eines der über Rollen geführten Seile seine richtige Lage verlassen haben und in eine enge Stelle hineingeraten sein; dadurch wird es an seiner Fortbewegung gehindert oder es kann etwas das Spanngewicht des Tages an dem Emporsteigen hindern, so dafs der Daumen festgehalten wird, oder es kann etwas das Tagesrad an der Umdrehung hindern.

Was das aber immer sein mag, dem mufs man entsprechend dem, was angegeben ist, abhelfen.

Hat man den Umlauf der Nacht- und Tagesuhr und zwar einer jeden nach Vollendung der anderen geprüft, so braucht man nicht auf den Auf- und Untergang der

[1]) Der ganze Abschnitt ist im arabischen Text nicht ganz klar, der Inhalt ist im obigen kurz wiedergegeben.

Sonne zurückzugreifen, denn man hat die betreffenden Zeiten durch diese beiden Zustände festgelegt und ebenso ihre Teile. Ferner hat man eine Übereinstimmung zwischen der Abnahme des Wassers im Hauptbehälter und dessen Austritt aus dem Mündungsstück sowie dem Auf- und Untergang der Sonne hergestellt. Endlich hat man all das auf seine Richtigkeit geprüft, daher bedarf man keines anderen Dinges.

Die Zymbeln mufs man von Staub und Spinnen reinigen, damit der Ton und Klang nicht geschwächt werde.

In den Rand des Tagesrades bohrt man ein Loch, das in das hinter dem Rad befindliche Brett eindringt. In dies Loch steckt man bei Nacht einen Nagel, der das Rad festhält, so dafs kein Tier es in Umdrehung versetzen kann, wodurch die auf ihm und dem kleineren Rad befindlichen Seile durcheinander kommen und sich zerteilen.

Das ist mir eine Anzahl von Malen zugestofsen.

Fünfter Abschnitt.

Über die Schäden, die bei der Uhr auftreten können, wie man sich vor ihnen in Acht nimmt, so dafs die Uhr sich in vollkommener Weise dreht, und wie man sie verbessert.[1])

Der Inhalt dieses Kapitels ist schon in dem früheren enthalten. Wir wollen dies aber nicht vollständig wiederholen, sondern nur das, wovon man besonderen Nutzen hat. Die Schäden können sogut wie an allen Teilen auftreten.

Ein Schaden kann zu der Zeit, in der man die einzelnen Teile herstellt, dadurch entstehen, dafs man sich nicht an das hält, was wir angegeben und festgesetzt haben; man bringt dies in Ordnung, indem man ein anderes Stück herstellt; das braucht nicht behandelt zu werden, da es nur eine Wiederholung von früherem wäre.

Hierher gehört ein solcher Schaden, dem sich abhelfen läfst, während der Apparat sonst nach Lage und Gestalt unverändert bleibt, so der Schaden, der während der Herstellung sich ereignet und den man dann gleich beheben kann, man braucht dabei an dem Apparat keine grofse Veränderung vorzunehmen, kein Ersatzstück zu verwenden und nicht seine Gestalt zu ändern.

Wir werden hier einiges angeben, um die Benutzung zu erleichtern und Mühe zu vermeiden.

Das Mündungsstück wird manchmal im Laufe der Zeit weit, tritt das ein, so mufs man ein neues machen. Das Mündungsstück kann auch durch Ton usw. verstopft werden. Selbst ganz wenig Ton, der sich in ihm angesammelt hat, verstopft die Öffnung und verhindert das Wasser richtig auszutreten. In diesem Falle entfernt man das Wachs und wäscht das Mündungsstück. Man bläst auf die Stelle, wo das Wasser aus der Öffnung austritt. Ferner nimmt man Wasser in den Mund und bläst es in die männliche Röhre, um das was sich in ihr an Ton befindet, auszuwaschen, da dieser sich weder in ihr noch in der Röhre des Mündungsstückes ansammeln darf.

[1]) Der Abschnitt, der zum Teil Wiederholungen von früherem enthält, ist hier stark gekürzt wiedergegeben.

Die Knöpfe an den Schwimmern *I* und *II* können sich lösen und dadurch in diese Wasser eintreten.

Durch Ton kann auch das viereckige Rohr sich verstopfen und Schmutz sich in dem Hauptbehälter ansammeln, durch den das Wasser trübe wird. Man wäscht letzteren dann aus.

Es kann aber auch der, der das Wasser eingiefst, durch irgend etwas aufgehalten werden, das ruft dann eine Verzögerung hervor und die Stunden bleiben hinter den wahren Zeiten zurück. —

Erneut wird ausführlich betont, dafs die Abmessungen alle richtig sein müssen und die Spannung in den Ketten usw. angemessen sein mufs.

Ebenso wird unter anderem hervorgehoben, dafs man die verschiedenen Gegengewichte richtig wählen soll.

Dann werden die für jeden Tag geltenden Vorschriften noch einmal wiederholt und dieser Abschnitt mit den Worten geschlossen:

Einem begabten Menschen braucht man eigentlich all diese Dinge nicht zu sagen, denn er findet selbst durch seinen Scharfsinn den Schaden an einem jeden Apparate und heilt ihn. Wir haben dies nur deshalb erwähnt und wiederholt besprochen, weil er später vielleicht mit diesem Apparat nicht zufrieden ist und er ihn daher gar nicht wieder herstellt. Er braucht sich aber nur auf das zu stützen, was in diesem Werke angegeben ist, und ebenso auf alles, was wir wiederholt und ausführlich dargelegt haben. Wir haben es nicht schwierig dargestellt und sind im Erklären nicht müde geworden, wir haben vielmehr uns bestrebt, es klar zu machen und zu erläutern für die Person,[1]) die wir zweimal angeführt haben. Die weitere Ausführung und die Wiederholung einer Darlegung sind notwendig, um das Verständnis klar und die Ausführung leicht zu machen.

Ich will jetzt die Dimensionen der Uhr meines Vaters angeben, da diese als Norm dienen können; denn ich fand, dafs diese Dimensionen die zweckentsprechendsten und besten sind.

Der Hauptbehälter ist unter Zugrundelegung meiner Spanne,[2]) die eine mittlere Spanne ist und deren Finger dick (fett, *mumtalî*) sind, 6 Sp. und 5 [zusammengelegte] F. lang. Die Röhre (*I*) (*al châbûṭî*) hat eine Gesamtlänge von 8 F., von ihr stecken in dem Hauptbehälter $1^1/_2$ F. und in dem *Kail* $^1/_2$ F. Innerhalb der Klötze an dem Hauptbehälter und dem *Kail* liegen 2 F., so dafs 4 F. sichtbar bleiben ($8 - 1^1/_2 - {}^1/_2 - 2$). Diese Röhre ist 4 F. weit. Entsprechend dieser Weite konstruiert man einen Kreis und stellt die Röhre dementsprechend her. Die Weite des Hauptbehälters entspricht der Länge eines Seiles von 4 Sp. und 5 F. Hiermit konstruiert man einen Kreis und stellt dementsprechend den Hauptbehälter her.

Der *Kail* ist 7 F. lang und so weit, dafs man eine starke Hand in ihm umdrehen kann.

Der *Rubʿ* ist doppelt so lang als der *Kail* und so weit, dafs man eine Hand in ihm umdrehen kann.

Der Durchmesser des Tellers für den Zodiakus ist 7 F.

---

[1]) Es ist niemand speziell erwähnt, wenn es nicht der einmal erwähnte Fürst ist.

[2]) Man hat also nicht fest bestimmte Mafse, da der Verfasser von seiner Hand ausgeht.

Der Durchmesser des gröfseren Rades ist 2 Sp. und 7 F.

Der Durchmesser des kleineren Rades ist 9 F.

Die Uhrwand ist 9 Sp. und 6 F. lang. Auf jeder Seite wird 1 Sp. und 6 F. zum Aufstellen der Falken fortgenommen. Für die Länge der Türen von Säule zu Säule bleiben 7 Sp. weniger ein Daumenglied.[1]) Nimmt man den erwähnten dreizehnten Teil für die Bahn des Schlittens in der ersten Stunde hinzu, so wird die Gesamtstrecke von der letzten Säule der letzten Stunde bis zum Beginn der Strecke, auf der sich der Schlitten zu Beginn des Tages befindet, 7 Sp. und 5 F. (ca. 3,60 m).

Alle Apparate mufs man etwas gröfser als angegeben herstellen, damit man sie bei der Prüfung und Besichtigung entsprechend kleiner machen kann; dies ist aber nicht möglich, wenn sie von vornherein zu klein sind.

Macht man den Raum für die Türen der Stunden länger, so ist das besser, da dann das Mündungsstück weiter sein kann und sich nicht so leicht durch Ton verstopft. Man braucht sich dann auch nicht so abzumühen ein sehr feines Loch herzustellen, wenn es in Onyx oder einen harten Stein gebohrt wird, sondern das Loch kann weit sein. Das ist vorteilhafter und weniger Schädigungen unterworfen.

Hiermit haben wir das Buch beendigt und fertiggestellt. Es bleibt nichts von dem übrig, dessen Klarlegung, Beweis, Kommentierung und Lehre wir uns vorgenommen haben. Daher brechen wir hier unsere Ausführung ab, indem wir Gott, erhaben ist er, lobpreisen; Gebet sei über seinen Propheten *Muḥammed*, dessen Familie und dessen Genossen.

Der Verfasser dieses Werkes sagt: Ich wurde mit dem Verfassen und Ausarbeiten dieses Werkes und der klaren Darlegung seines Inhaltes im heiligen *Muḥarram* des Jahres 600 d. *Higra*[2]) des Propheten fertig; über ihn, der sie ausgeführt, das trefflichste Gebet und Gruſs!

Dies schrieb der arme, schwache und verächtliche Sklave *Aḥmed Ibn Aḥmed al Mihtâr*, der Hanafite, der Ägypter. Gott, erhaben ist er, verzeihe ihm und seinen Eltern und dem, der für sich und sie bittet um seine Verzeihung, Amen. Es geschah dies am ersten *Scha'bân* des Jahres 961[3]) in Stambul,[4]) dem [von Gott] beschützten.

---

[1]) Die Angaben sind nicht sehr genau.

[2]) 10. September bis 10. Oktober 1203.

[3]) 2. Juli 1554 also unter Sultan *Solimân I.*, der von 1520—1566 regierte.

[4]) *Islâm Bûl.* In *Bûl* ist das alte πόλις enthalten; es schwebt in dem Namen den Orientalen etwas wie Stadt des *Islâm* vor.

VII.

Schlufs.

Die auf den vorhergehenden Seiten enthaltenen Ausführungen dürften zeigen, in welch sinnreicher Weise die Welt des Islams die ihr aus dem Altertum überlieferten Uhren vervollkommnet und neue Konstruktionen für dies für Leben und Wissenschaft gleich wichtige Instrument ersonnen hat. Der Hauptsache nach handelt es sich um Wasseruhren; die Geschichte der Räderuhr, die die Wasseruhr ablöste, ist in vortrefflicher Weise von Professor Dr. Ernst Bassermann-Jordan (Frankfurt a. M. 1905) behandelt worden. Durch unsere Arbeit hoffen wir einen kleinen Beitrag zur Kenntnis der technischen Leistungen des Orients geliefert zu haben, der vielleicht gerade in unserer Zeit auf besonderes Interesse rechnen darf.

Zum Schlufs ist es uns eine angenehme Pflicht, all denjenigen zu danken, die uns bei unserer Arbeit unterstützt haben, und deren wir zum Teil schon in der Arbeit selbst gedacht haben. Ganz besonders sind wir aber zu Dank verpflichtet Herrn Oberbibliothekar Dr. Ewald in Gotha und Herrn Dr. Juynboll in Leiden, die uns die betreffenden Handschriften ihrer Bibliothek zur Benutzung in Erlangen zur Verfügung gestellt haben, sowie Herrn Cowley in Oxford, der die Photographie der dort in der Bodleiana befindlichen Handschrift vermittelt hat.

Inhaltsübersicht.

Seite

I. Einleitung 3
1. Vorbemerkungen 3
2. Geschichtlicher Überblick 4
(Einteilung des Tages; Astronomische Zeitbestimmung; Uhren.)
3. Namen der Uhren 7
(Sonnenuhren, Sanduhren, Wasseruhren.)
4. Definition der Lehre von den Uhren und Werke über die Uhren 9
5. Ausführungen von *Taqî al Dîn* 10
II. Uhren aufser denen von *Gazarî* und *Riḍwân* 17
A. Sanduhren. Kerzenuhren. Quecksilberuhren 17
B. Wasseruhren 20
1. Vorbemerkungen (zwei Gruppen von Wasseruhren) 20
2. Uhren mit einem untersinkenden Gefäfs 22
3. Uhren mit einem feststehenden Gefäfs, aus dem Wasser aus-, oder in das Wasser einfliefst 23
(Wasseruhren einfacher Form. Uhren mit beweglichen Figuren, Türen, Platten und Kreisen. Pseudoarchimedische Uhr und andere.)
III. Uhren von *Gazâri* 42
Vorbemerkungen 42
1. Technisches 42
(Konstruktionselemente, Materialien, technische Verfahren, arabische Bezeichnungen.)
2. Gewichte und Mafse 46
3. Leben von *Gazarî* und Allgemeines über sein Werk 48
(Bericht von *Gazarî*, Einteilung seines Werkes, die Art seiner Darstellung.)
4. Handschriften 55
(Oxford, Leiden, Konstantinopel, London, Paris, Dr. van Berchem, Dr. Martin.)
IV. Übersetzung des Werkes von *Gazarî* 58
Einleitung. Über die Kenntnis der geometrischen Kunststücke 58
Über die Herstellung der Wasseruhren, durch die man den Verlauf der gleichförmigen und zeitlichen Stunden vermittels des Wassers und des Wachses kennen lernt 60
Erstes Kapitel. Von der Wasseruhr für die zeitlichen Stunden 60
1. Vorbemerkung, deren man hier bedarf, daran schliefst sich die Beschreibung des Aussehens der Wasseruhr für die zeitlichen Stunden 60. — 2. Über den Wasserbehälter 64. — 3. Über den *Dastûr* für den Austritt des Wassers 67. — 4. Aufstellung der Apparate und ihre Verbindung untereinander 69. — 5. Teilung des Kreises für den Austritt des Wassers 70. — 6. Über den Ort, auf dem die ganze Anordnung

Seite

aufgestellt wird, und die für sie bestimmten Vorrichtungen 72. — 7. Hilfsmittel für die Bewegung von allen bisher besprochenen Gegenständen 75. — 8. Vorrichtungen, die die Bewegungen der Hände der Trommler und des Zymbelisten und den Ton der Trompeter vermitteln 84. — 9. Herstellung des Zodiakus, der Sphäre der Sonne und des Mondes 88. — 10. Über die Stelle, an der die Sphären aufgestellt werden, und darüber, wie man sie verwendet 95.

Zweites Kapitel. Uhr der Trommler, durch die man den Ablauf der zeitlichen Stunden kennen lernt 98

1. Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren 98. — 2. Herstellung der Wasserinstrumente, der Schale (*Kaffa*), die sich in jeder Stunde füllt und entleert 100. — 3. [Teile der Uhr für die Nacht] 101. — 4. Herstellung der Männer 103. — 5. Anfertigung der Hilfsmittel (*Wasîṭa*), um die Hände der Trommler und Zymbelschläger zu bewegen, und des Instrumentes, aus dem der Klang der Trompeten heraustritt 104.

Drittes Kapitel. Wasseruhr (*Finkân*) des Kahnes 107

1. Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren 107. — 2. Herstellung des Kahnes, der Säulen, des Drachen, der Burg und der Kuppel 109. — 3. Herstellung dessen, was sich im Innern des Troges befindet, es ist der *Ṭargahâr* (Schwimmer) und was damit zusammenhängt; dazu gehört die Kugel im Innern des Schwimmers 110. — 4. Herstellung des schreibenden Mannes und was damit zusammenhängt 112. — 5. Herstellung des Falken, des Ortes für die Kugeln in der Burg und der Röhre, aus der je eine Kugel in den Kopf des Falken gelangt 114. — 6. Herstellung der Kette von dem Schwimmer bis zur Falle (*Qiṭâʿ*) der Kugeln und Herstellung des Mündungsstückes auf dem Loch des Schwimmers. Vollendung des *Finkân* und Art der Bedienung 115.

Viertes Kapitel. Die Wasseruhr des Elefanten für die gleichmäfsigen Stunden. . 116

1. Über die äufsere Gestalt [der Uhr]; es ist die eines Elefanten 116. — 2. Über das Funktionieren dieser Anordnung 118. — 3. Herstellung des Elefanten und der Plattform 118. — 4. Über das, was im Innern des Elefanten angebracht ist, und über die Herstellung des Schwimmers (*Ṭargahâr*) 119. — 5. Herstellung des Aufsatzes über dem Boden der Plattform, des Sitzes auf dem Aufsatz, des Schreibers auf dem Sitz und der für ihn bestimmten Bewegungsvorrichtung 120. — 6. Herstellung des Karnak und der Bewegungsvorrichtung für seine Hände, die in der Brust des Elefanten angebracht ist 121. — 7. Herstellung der vier Säulen; in der Mitte von je zwei Säulen befindet sich ein Balken 123. — 8. Herstellung der Burg. Auf ihr befinden sich die Kuppel und die Köpfe der beiden Falken 123. — 9. Herstellung der Rinnen, in denen die Kugeln sich bewegen und Halt machen und aus denen eine Kugel nach der anderen austritt und abwechselnd in den Kopf des rechten und des linken Falken eintritt 124. — 10. Herstellung des Troges (*Ḥaud*), in den die Kugeln fallen und aus dem die Kugeln bald nach rechts, bald nach links austreten 126. — 11. Herstellung des Ringes, der halb weifs und halb schwarz ist und der die [15] Öffnungen bedeckt, Herstellung der Bewegungsvorrichtung für den Ring, Herstellung des Rades, das den Vogel auf der Kuppel der Burg dreht, und Vollendung der Rinne für die Kugeln 127. — 12. Herstellung des Balkons und des auf ihm sitzenden Mannes 129. — 13. Herstellung der beiden Schlangen auf einer Achse, deren Enden sich in Löchern der Querbalken [an den Säulen] befinden 131. — 14. Herstellung der Vorrichtung, die pfeift; dabei glaubt man, dafs der Ton von dem Vogel oberhalb der Kuppel herrührt 132. — 15. Herstellung der beiden Becher auf den Schultern des Elefanten, der aufgehängten Zymbel und Ausführung darüber, wie man diese Wasseruhr zusammensetzt 133.

Fünftes Kapitel. Uhr des Bechers (*Kâs*). Sie liefert den Ablauf der gleichmäfsigen Stunden und deren Teile 134

1. Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren 134. — 2. Herstellung des Deckels des Bechers und der Bewegungsvorrichtung für den Schreiber 136. — 3. Herstellung des Schreibers 138.

Seite

Sechstes Kapitel. Die Pfauenuhr für den Ablauf der gleichmäfsigen Stunden . . 141

1. Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren 141. — 2. Herstellung des Wasserinstrumentes in einem Gebäude, das hinter dem *Schâḏurwân* sich befindet, höher als dieser ist und sich noch über die Scheiben hinaus erhebt 142. — 3. Über den Pfau und seinen Bewegungsmechanismus, durch den er sich in jeder halben Stunde bewegt 143. — 4. Herstellung der beiden jungen Pfauen und ihrer Bewegungsvorrichtung, so dafs sie streiten. Herstellung des Instrumentes, das pfeift 144. — 5. Herstellung des weiblichen Pfauen und dessen Bewegungsvorrichtung 146. — 6. Herstellung der Scheiben, der Vorrichtung, die diese bedeckt, und der betreffenden Bewegungsvorrichtung 147.

Siebentes Kapitel. Uhr des Schwertträgers (Scharfrichters, *Sajjâf*), durch die man den Ablauf der Stunden mittels einer Wachskerze kennen lernt 150

1. Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren 150. — 2. Herstellung der Rinne für die Kugeln und den Falken 153. — 3. Herstellung der Konsole (*Chirâga*), des Sklaven und der Bewegungsvorrichtung für seine Hand mit dem Schwerte 154.

Achtes Kapitel. Die Uhr des Schreibers. Sie gibt den Ablauf der gleichmäfsigen Stunden und deren Teile mittels der Kerze 156

1. Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren 156. — 2. Herstellung des Futterales, des Gewichtes und des Ortes für die Kugeln 157. — 3. Aufstellung des Schreibers auf der Plattform und Konstruktion seines Bewegungsmechanismus 158.

Neuntes Kapitel. Kerzenuhr des Affen 160

1. Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren 160. — 2. Herstellung des Affenführers, des Affen und dessen, was diesen nach oben hebt 161.

Zehntes Kapitel. Die Kerzenuhr mit den Türen. Sie gibt den Ablauf der gleichmäfsigen Stunden 162

1. Das Äufsere der Uhr und ihr Funktionieren 162. — 2. Herstellung der Türen und der aus ihnen heraustretenden Figuren 163.

Das fünfte Kapitel des sechsten Gebietes. Kahnuhr 165

V. Die Uhr am *Bab Gairûn* zu Damaskus 167

(Quellen über diese Uhr; das Werk *Riḍwâns*; Handschrift in Gotha; Charakteristik der Darstellungsweise des *Riḍwân*; kurze Übersicht über die Beschreibung seiner Uhr.)

VI. Übersetzung des Werkes von *Riḍwân*: Buch über die Herstellung der Uhr (*Sâʿât*) und über deren Benutzung von *Riḍwân Ibn Muḥammed al Churasânî Riḍwân Ibn Muḥammed Ibn ʿAlî al Churasânî* 176

[Einleitung] 176

(Geschichte der Uhr.)

Erster Abschnitt. Über den ersten, der die Uhr und einige ihrer Teile konstruierte, und darüber, was nach ihm an Bestandteilen zugefügt wurde, sowie kurze Angabe der Namen der einzelnen Teile bei der hier behandelten Uhr, von der Archimedes einige Teile konstruiert hat 179

Zweiter Abschnitt. Über die Namen aller erwähnten Bestandteile, Besprechung eines jeden einzelnen, wobei sie erläutert werden und wobei das, was an ihnen wesentlich ist, mitgeteilt wird 187

Dritter Abschnitt. Über die Herstellung der einzelnen Teile, deren Gestalt nebst Abbildungen, die Stelle, an der sie sich befinden, über die Art, wie man sie verwendet, und über ihre Dimensionen 187

Seite
Vollendung der Uhr 237
Vierter Abschnitt. Über die Zusammensetzung der Uhr, darüber, wie man sie in Gang setzt, und Vorschriften hierfür, bzw. Regeln, deren man täglich bedarf, wenn sie in Gang gesetzt wird 247
Wichtige Vorschriften für die Anwendung der Apparate 262
Fünfter Abschnitt. Über die Schäden, die bei der Uhr auftreten können, wie man sich vor ihnen in Acht nimmt, so dafs die Uhr sich in vollkommener Weise dreht, und wie man sie verbessert 264
VII. Schlufs 267

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01304 9721